

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN METODE ASD  
(*ALLOWABLE STRESS DESIGN*) DENGAN  
*LRFD (LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN)*  
PADA STRUKTUR GABLE FRAME  
DI PEMBANGUNAN PASAR BARU KABUPATEN LUMAJANG**

**SKRIPSI**

Disusun Oleh :

**HEPPY NUR CAHYA**

**10.21.005**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**ANALISIS KEBUTUHAN TRAFFIC LIGHT PADA SIMPANG TAK  
BERSINYAL JL.LANGSEP – MERGAN LORI, MALANG**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang

Strata satu (S-1)

Pada hari: Senin

Tanggal : 16 Februari 2015

Dan diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh gelar Sarjana Teknik

**Disusun Oleh :**

**HEPPY NUR CAHYA**

**NIM : 10.21.005**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua**

**Sekretaris**

**Ir. A. Agus Santosa., M.T**

**Lila Ayu Ratna Winanda., ST, M.T**

**Anggota Penguji:**

**Penguji I**

**Penguji II**

**Ir. A. Agus Santosa, M.T**

**Ir. Togi H. Nainggolan., M.S**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN METODE ASD (*ALLOWABLE  
STRESS DESIGN*) DENGAN LRFD (*LOAD AND RESISTANCE FACTOR  
DESIGN*) PADA STRUKTUR GABLE FRAME DI PEMBANGUNAN  
PASAR BARU KABUPATEN LUMAJANG**

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

*Disusun Oleh :*

**HEPPY NUR CAHYA**

**NIM : 10.21.005**

Menyetujui:

**Desen Pembimbing I**

**Desen Pembimbing II**

**Ir. Ester Priskasari., M.T**

**Ir. H. Sudirman Indra., M.Sc**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

**Ir. A. Agus Santosa., M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1**

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura, No.2, Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636, Fax. (0341) 417634 Malang

---

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Heppy Nur Cahya  
Nim : 10.21.005  
Program Studi : Teknik Sipil S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“STUDI ANALISIS PERBANDINGAN METODE ASD (*ALLOWABLE STRESS DESIGN*) DENGAN LRFD (*LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN*) PADA STRUKTUR GABLE FRAME DI PEMBANGUNAN PASAR BARU KABUPATEN LUMAJANG”**

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip ataupun menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya.

Malang, 28 Februari 2015

**Yang membuat pernyataan**

**(Heppy Nur Cahya)**

## ABSTRAK

Heppy Nur Cahya.2015. Studi Analisis Perbandingan Metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) Pada Struktur Gable Frame di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing (I)Ir. Ester Priskasari.,M.T., (II)Ir. Sudirman Indra.,M.Sc.

Kata Kunci : Elastis, Plastis, ASD, LRFD

Metode analisis yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah metode ASD dan LRFD. Metode ASD yaitu suatu perencanaan yang menggunakan beban kerja. Itulah mengapa sering disebut juga sebagai *Working Stress Design*. Dalam hal ini, kombinasi beban yang digunakan adalah tanpa beban terfaktor. Sedangkan LRFD adalah suatu perencanaan yang mengacu pada kondisi batas, atau *limit state design*. Kondisi batas yang ditinjau adalah kekuatan batas (*ultimate strength*) dan kombinasi beban yang digunakan adalah dengan beban terfaktor.

Penulis bertujuan membandingkan dua metode yaitu metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD), yang penekanannya pada pemilihan dimensi profil yang dibutuhkan dari suatu struktur *Gable Frame* untuk memikul beban –beban yang bekerja pada pembangunan Pasar Baru di Kabupaten Lumajang..

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) lebih ekonomis dibandingkan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dalam merencanakan suatu struktur baja *Gable Frame* pada pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang. Dimana pemilihan dimensi profil dengan metode LRFD didapat WF 300.200.9.14, lebih efisien dibandingkan metode ASD yaitu WF 350.250.9.14. Dengan selisih perbedaan berat mencapai 21,856%, dan masing-masing metode menggunakan 80% dari kekuatan tegangan profil yang didapat dari masing-masing metode. Ini didasari dengan metode ASD menekankan penggunaan tegangan hanya mencapai batas elastis, sedangkan LRFD mencapai batas plastis.

## KATA PENGANTAR

Atas hidayah dan ridho Alloh S.W.T yang telah memberikan kesempatan dan semangat sehingga terselesaikannya Skripsi ini dengan judul **“Studi Analisis Perbandingan Metode ASD (*Allowable Stress Design*) Dengan LRFD (*Load And Resistance Factor Design*) Pada Struktur Gable Frame Di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang”**, Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyelesaian Skripsi akhir ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu tak lupa kiranya penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo., M.T selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr.Ir. Kustamar., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W., S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
5. Ibu Ir. Ester Priskasari., M.T selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Ir. H. Sudirman Indra., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu dengan segala kerendahan hati penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya jika masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan, diakhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermamfaat bagi kita semua.

Penyusun

Heppy Nur Cahya  
Nim. 10.21.005

## DAFTAR ISI

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>   | <b>i</b>   |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>  | <b>ii</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b> | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRAKSI.....</b>           | <b>iv</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>      | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>          | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR NOTASI.....</b>       | <b>ix</b>  |

### **BAB I      PENDAHULUAN**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....    | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah.....   | 3 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah.....   | 4 |
| 1.5 Manfaat Analisa.....   | 5 |

### **BAB II      LANDASAN TEORI**

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 2.1 Material Baja.....         | 6  |
| 2.1.1 Sifat Utama Baja.....    | 6  |
| 2.1.2 Sifat Mekanis Baja.....  | 7  |
| 2.2 BatangLentur.....          | 8  |
| 2.3 Batang Tekan.....          | 10 |
| 2.4 Sambungan.....             | 15 |
| 2.5 Sambungan Balok-Kolom..... | 15 |
| 2.6 Sambungan Baut.....        | 18 |
| 2.7 Sambungan Las.....         | 18 |
| 2.8 Pelat Dasar.....           | 19 |
| 2.9 Metode Analisa.....        | 21 |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| 2.9.1          | Metode Analisa Elastis (ASD).....                  | 21        |
| 2.9.1.1        | Kombinasi Pembebanan ASD.....                      | 26        |
| 2.9.1.2        | Balok dengan Metode ASD.....                       | 27        |
| 2.9.1.3        | Batang Tarik ASD.....                              | 30        |
| 2.9.1.4        | Batang Tekan ASD.....                              | 31        |
| 2.9.1.5        | Sambungan Baut Metode ASD.....                     | 33        |
| 2.9.1.6        | Sambungan Las Metode ASD.....                      | 34        |
| 2.9.1.7        | Perhitungan <i>Base Plate</i> Metode ASD.....      | 35        |
| 2.9.2          | Metode Analisa Plastis (LRFD).....                 | 35        |
| 2.9.2.1        | Kombinasi Pembebanan LRFD.....                     | 39        |
| 2.9.2.2        | Balok dengan Metode LRFD.....                      | 39        |
| 2.9.2.3        | Batang Tarik LRFD .....                            | 42        |
| 2.9.2.4        | Batang Tekan LRFD.....                             | 43        |
| 2.9.2.5        | Sambungan Baut Metode LRFD.....                    | 46        |
| 2.9.2.6        | Sambungan Las Metode LRFD.....                     | 49        |
| 2.9.2.7        | Perhitungan <i>Base Plate</i> Metode LRFD.....     | 49        |
| <b>BAB III</b> | <b>BAGAN ALIR.....</b>                             | <b>52</b> |
| <b>BAB IV</b>  | <b>PERHIUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME METODE LRFD</b> |           |
| 4.1            | Data Perencanaan.....                              | 54        |
| 4.2            | Panjang Balok Kuda-kuda.....                       | 55        |
| 4.3            | Pembebanan.....                                    | 56        |
| 4.3.1          | Beban Mati (D).....                                | 56        |
| 4.3.2          | Beban Hidup ( $L_a$ ).....                         | 57        |
| 4.3.3          | Beban Angin (W).....                               | 58        |
| 4.3.4          | Beban Hujan (H).....                               | 59        |
| 4.3.5          | Penguraian Beban.....                              | 60        |
| 4.3.6          | Kombinasi Pembebanan.....                          | 63        |
| 4.4            | Perhitungan Konstruksi Untuk Metode LRFD.....      | 70        |
| 4.4.1          | Perhitungan Momen Portal Gable Frame.....          | 70        |
| 4.4.2          | Perhitungan Balok Kolom profil WF.....             | 70        |
| 4.5            | Perhitungan Sambungan Untuk Metode LRFD.....       | 78        |



|   |    |
|---|----|
| 4.5.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom WF..... | 78 |
| 4.5.2 Perhitungan Sambungan Rafter Tepi.....    | 79 |
| 4.5.3 Perhitungan Sambungan Rafter Puncak.....  | 87 |
| 4.6 Perhitungan Plat Landas Metode LRFD.....    | 92 |

## **BAB V PERHIUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME METODE ASD**

|   |     |
|---|-----|
| 5.1 Data Perencanaan.....                         | 96  |
| 5.2 Panjang Balok Kuda-kuda.....                  | 97  |
| 5.3 Pembebanan.....                               | 98  |
| 5.3.1 Beban Mati (D).....                         | 98  |
| 5.3.2 Beban Hidup ( $L_a$ ).....                  | 99  |
| 5.3.3 Beban Angin (W).....                        | 100 |
| 5.3.4 Penguraian Beban.....                       | 101 |
| 5.3.5 Kombinasi Pembebanan.....                   | 107 |
| 5.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode ASD.....  | 108 |
| 5.4.1 Perhitungan Momen Portal Gable Frame.....   | 108 |
| 5.4.2 Perhitungan Balok Kolom profil .....        | 108 |
| 5.5 Perhitungan Sambungan Untuk Metode ASD.....   | 113 |
| 5.5.1 Data Perencanaan Sambungan Balok Kolom..... | 113 |
| 5.5.2 Perhitungan Sambungan Rafter Tepi.....      | 114 |
| 5.5.3 Perhitungan Sambungan Rafter Puncak.....    | 120 |
| 5.6 Perhitungan Plat Landas Metode asd.....       | 126 |
| 5.7 Perhitungan Berat Struktur.....               | 130 |

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 6.1 Kesimpulan Analisis..... | 131 |
| 6.2 Saran.....               | 132 |
| Daftar Pustaka.....          | 133 |

## **Lampiran**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini kemajuan teknologi dalam dunia struktur sangat pesat, terutama pada struktur baja. Baik segi metode perencanaan yang diterapkan hingga pembuatan pabrikasi material yang bermutu dan berkualitas tinggi yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Namun semua hal tersebut tidak terlepas dari kemajuan ilmu pengetahuan yang mewujudkan teori ataupun metode yang bisa mewujudkan suatu inovasi dalam bidang struktur baja demi terciptanya suatu perencanaan struktur yang ekonomis dalam segi biaya yang tidak meninggalkan faktor keamanan dari struktur tersebut.

Dalam pembangunan struktur baja, baik struktur gedung ataupun jembatan biasanya selalu menggunakan jenis baja profil. Baja profil itu sendiri adalah baja yang dibentuk di pabrik yang khusus digunakan untuk pekerjaan struktur baja. Bentuk baja profil yang sering digunakan di lapangan untuk pekerjaan struktur baja antara lain baja dalam bentuk profil I, profil C, profil WF, profil H, profil siku-siku dan masih banyak lagi. Dan untuk penerapannya dalam konstruksi bangunan, semua tergantung pada fungsi bangunan dan kondisi dilapangan.

Metode analisisnya sendiri ada beberapa metode yang biasa digunakan, yaitu metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*), yaitu suatu perencanaan yang mengacu pada kondisi batas, atau *limit state design*. Kondisi batas yang ditinjau adalah kekuatan, yang disebut juga kekuatan batas (*ultimate strength*) dan juga kekakuan yang ditinjau untuk memenuhi syarat fungsi, yaitu

menghitung lendutan yang terjadi. LRFD pada umumnya mengacu pada Manual of Steel Construction – Load & Resistance Factor Design (AISC 1993) atau yang lebih baru, Metode ini adalah hasil penelitian dari *Advisory Task Force* yang dipimpin oleh T. V. Galambos. Kekuatan yang dievaluasi adalah kondisi ultimate, atau kuat maksimum yang dapat dipikul sebelum runtuh. Untuk mendapatkan hal itu memang tidak secara langsung, yaitu hasil analisa elastis linier dikalikan dengan beban terfaktor, yang ditentukan berdasarkan studi probabilitas akan risiko yang terjadi. Jadi faktor statistik digunakan sehingga diperoleh suatu *reliability* atau keandalan yang sama untuk setiap kondisi beban.

Selain metode LRFD diatas, perhitungan konstruksi dilapangan juga sering menggunakan metode ASD (*Allowable Stress Design*). Istilah ASD pada umumnya mengacu pada *Specification for Structural Steel Building Allowable Stress Design and Plastic Design* (AISC 1989), yaitu suatu perencanaan yang menggunakan beban kerja. Itulah mengapa sering disebut juga sebagai *Working Stress Design*. Dalam hal ini, kombinasi beban yang digunakan adalah tanpa beban terfaktor. Adapun *safety factor* (S.F) yang digunakan adalah tunggal, yaitu pada tegangan izin atau *allowable stress*, yaitu tegangan leleh dibagi dengan *safety factor* (S.F). Dalam metode ini, elemen struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul akibat beban kerja atau beban layan tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan (maks ijin). Tegangan ijin ini ditentukan oleh peraturan bangunan atau spesifikasi seperti *American Institute of Steel Construction* (AISC), *Spesification* 1978 untuk mendapatkan faktor keamanan terhadap tercapainya tegangan batas, seperti tegangan leleh minimum atau tegangan tekuk (*buckling*).

Berdasarkan dua metode yang di sebutkan diatas, maka penulis mencoba alternatif studi analisis perbandingan metode ASD dengan LRFD pada struktur *Gable Frame* di pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, perlu dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi balok dan kolom yang diperlukan dari analisis menggunakan metode ASD (*Allowable Stress Design*) dan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*)?
2. Berapa persentase perbedaan berat struktur dari analisa menggunakan metode metode ASD (*Allowable Stress Design*) dan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*)?

## **1.3 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan dari penulis untuk menganalisis perbandingan antara dua metode ASD dan LRFD adalah :

1. Mengetahui dimensi kuda-kuda dan kolom dengan dua metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) dan ASD (*Allowable Stress Design*), sehingga dapat dibandingkan nilai keekonomisan dari kedua metode tersebut.
2. Mengetahui persentase perbedaan berat struktur untuk dapat disimpulkan profil baja mana yang kuat tetapi efisien, sehingga diperoleh struktur yang optimum pada struktur *Gable Frame*.

#### 1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas analisis ini agar lebih fokus mengarah kepada pembahasannya, maka perlu adanya batasan-batasan masalah antara lain:

1. Menghitung dimensi kuda-kuda dan kolom pada struktur *Gable Frame* menggunakan metode ASD dan metode LRFD.
2. Menghitung persentase perbedaan berat struktur dari hasil analisa metode ASD dan metode LRFD.

Sedangkan untuk peraturan yang dipakai sebagai acuan penulis dalam perencanaan struktur *Gable Frame* ini adalah :

1. Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung, 1983
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Banguna Gedung, (SNI 03 – 1729 – 2002).
3. AISC, *Manual of Steel Construction*, Thirteenth Edition, 2005, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago.
4. AISD, LRFD, *Manual of Steel Construction*, second Edition, 1994, (*volume I : Stuctural Member, Spesification, And Codes ; volume II : Connections*) American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago
5. AISD, ASD, *Manual of Steel Constructio*2, second Edition, 1989.

### **1.5. Manfaat Analisa**

Studi analisa ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan suatu hasil analisa dengan dua metode yang berbeda yaitu ASD dan LRFD sehingga dapat di pilih salah satu dari keduanya mana yang lebih cocok untuk diterapkan pada pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang.
2. Memberikan informasi tentang sejauh mana perbedaan hasil dari perhitungan dengan perbandingan dua metode yang berbeda pada struktur baja dengan model *Gable Frame* pada pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Material Baja**

##### **2.1.1. Sifat Utama Baja**

Pemilihan akan bahan baja disebabkan dari keunggulan atau sifat umum dari baja itu sendiri, dimana tergantung dari bermacam – macam logam campuran dan proses pengerjaannya. Beberapa sifat umum dari baja :

( Ir. Sudirman Indra, MSc. Baja 1: 6 )

##### **1. Keteguhan ( Solidity )**

Yaitu batas dari tegangan dalam dimana perpatahan mulai berlangsung, dapat dikatakan pula sebagai daya perlawanan baja terhadap tarikan, tekanan dan lentur.

##### **2. Elastisitas ( Elasticity )**

Yaitu kesanggupan dalam batas – batas pembebanan tertentu dan apabila sesudahnya pembebanan diiadakan akan kembali ke bentuk semula.

##### **3. Kekenyalan atau keliatan ( Tenacity )**

Merupakan kemampuan baja untuk menyerap energi mekanis atau kesanggupan untuk menerima perubahan – perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian berupa cacat – cacat atau kerusakan yang terlihat dari luar, dan dalam jangka pendek sebelum patah masih merubah bentuk.

#### 4. Kemungkinan ditempa ( Malleability )

Dalam keadaan pijar baja menjadi lembek dan plastis tanpa merugikan sifat – sifat keteguhannya sehingga dapat berubah bentuknya dengan baik.

#### 5. Kemungkinan Dilas ( Weldebility )

Sifat dalam keadaan panas digabungkan satu dengan yang lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa merugikan sifat – sifat keteguhan.

#### 6. Kekerasan ( Hardness )

Adalah kekuatan melawaan terhadap masuknya benda lain kedalamnya.

#### 2.1.2 Sifat Mekanis Baja

|                          |   |          |  |
|--------------------------|---|----------|--|
| Modulus Elastisitas Baja | : | E        | = $2.1 \times 10^5$                    |
| Modulus geser            | : | G        | = 80.000 MPa                           |
| Nisbah poisson           | : | $\mu$    | = 0,3                                  |
| Koefisien pemuaian       | : | $\alpha$ | = $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ |

**Tabel 2.1** Sifat Mekanis Baja Struktur

| Mutu Baja | Tegangan Putus Minimum Fu (Mpa) | Tegangan Leleh Minimum Fy (Mpa) | Peregangan Minimum ( % ) |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| BJ 34     | 340                             | 210                             | 22                       |
| BJ 37     | 370                             | 240                             | 20                       |
| BJ 41     | 410                             | 250                             | 18                       |
| BJ 50     | 500                             | 290                             | 16                       |
| BJ 55     | 550                             | 410                             | 13                       |

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, ITB Bandung 2000)



## 2.2 Batang Lentur

Pada umumnya balok dipandang sebagai sesuatu batang yang terutama memikul pembebanan grafitasi secara transversal. Istilah pembebanan transfersal diambil untuk dapat mencakup momen- momen ujung.

Rumus umum perhitungan tegangan akibat momel lentur, seperti dipelajari dalam mata kuliah Mekanika Bahan (  $\sigma = M.c/I$  ) dapat digunakan dalam kondisi yang umum. Tegangan lentur pada penampang profil yang mempunyai minimal satu sumbu simetri dan dibebani pada pusat gesernya, dapat dihitung dari persamaan : (*Perencanaan Struktur Baja edisi kedua hal. 80*)

$$f = \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \quad (2.2.1)$$

$$\text{dengan } S_x = \frac{I_x}{C_y} \text{ dan } S_y = \frac{I_y}{C_x}$$

$$\text{Sehingga } f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y} \quad (2.2.2)$$

Dimana :

$$E_f = \text{Tegangan lentur}$$

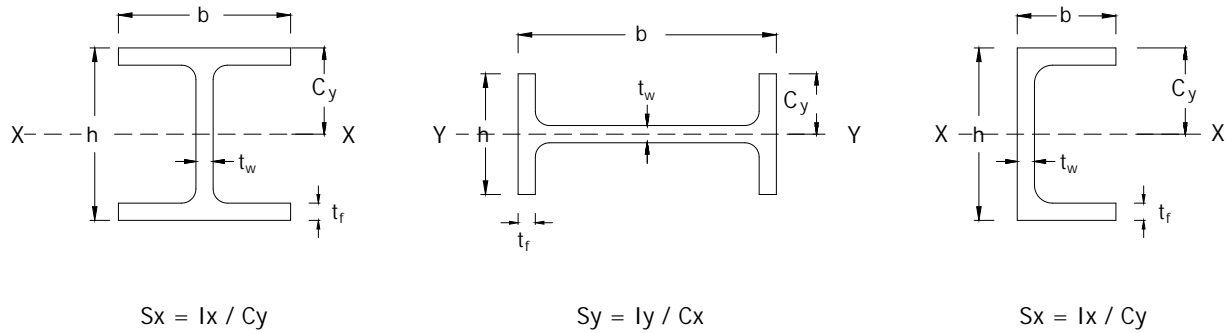
$$M_x, M_y = \text{Momen lentur arah } x \text{ dan } y$$

$$S_x, S_y = \text{Modulus penampang arah } x \text{ dan } y$$

$$I_x, I_y = \text{Momen inersia arah } x \text{ dan } y$$

$$C_x, C_y = \text{Jarak dari titik berat ke tepi serat arah } x \text{ dan } y$$

**Gambar 2.1** menunjukkan beberapa penampang yang mempunyai minimal satu buah sumbu simetri.



**Gambar 2.1** Modulus Penampang Berbagai Tipe Profil Simetri

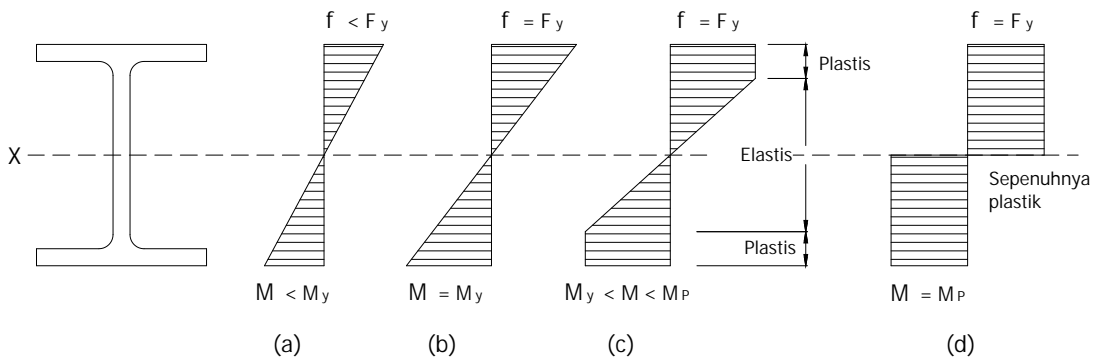
Bila balok memiliki stabilitas lateral yang cukup pada flens tekannya, satu-satunya keadaan batas yang mungkin membatasi kekuatan momen adalah tekuk lokal pada tekan flens dan atau elemen pelat badan yang membentuk penampang lintang balok itu.

Distribusi tegangan pada profil flens yang mengalami peningkatan momen lentur diperlihatkan dalam (**Gambar 2.2**). Pada momen lentur dalam rentang beban layanan, penampang tersebut bersifat elastis seperti dalam (**Gambar 2.2a**), dan kondisi elastis akan terjadi sampai tegangan pada serat terluar mencapai tegangan leleh  $F_y$  (**Gambar 2.2b**). Bila regangan mencapai  $\epsilon_y$  (**Gambar 2.2c**) peningkatan regangan tidak akan mengakibatkan peningkatan tegangan. Perilaku regangan- regangan ini merupakan idealisasi yang diterima oleh baja struktural yang memiliki tegangan leleh sekitar  $F_y = 65 \text{ ksi (448 MPa)}$  dan yang kurang dari itu.

Bila tegangan leleh tercapai pada serat terluarnya (**Gambar 2.2b**), kekuatan momen nominalnya  $M_n$  disebut sebagai momen leleh  $M_y$  dan dihitung sebagai :

$$M_n = M_y = S_x F_y \quad (2.7.1)$$

Bila kondisi dari **gambar 2.2d** tercapai, setiap serat akan memiliki regangan yang sama dengan atau lebih besar dari  $\epsilon_y = F_y/F_s$ , yang berada dalam rentang plastis.



**Gambar 2.2.** Distribusi tegangan pada berbagai tahap pembebanan

### 2.3 Batang Tekan

Dari mekanika bahan dasar diketahui bahwa hanya kolom yang sangat pendek saja yang dapat dibebani sampai ke tegangan lelehnya. Situasi yang umum, yakni tekukan (buckling) atau lenturan tiba-tiba akibat ke tidak stabilan terjadi sebelum tercapainya kekuatan penuh material elemen yang bersangkutan. Dengan demikian, untuk desain elemen-elemen tersebut dalam struktur baja, diperlukan pengetahuan yang mendalam mengenai elemen batang tekan.

Teori kekuatan elemen tekan dikenalkan oleh *Leonard Euler*. Suatu batang tekan yang semula lurus mendapat pembebanan konsentrik, dimana semula semua

serat dalam keadaan elastic sampai terjadi tekukan. Meskipun Euler membahas tentang batang yang terjepit pada salah satu ujungnya dan bertumpuan sederhana pada ujung lainnya, logika yang sama juga dapat diterapkan pada kolom berujung sendi. Karena memiliki perlawanan rotasional ujung sama dengan nol, batang itu menjadi batang dengan kekuatan tekuk kecil.

Untuk beban Euler pada kolom dengan kedua ujung sendi besarnya adalah; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, hal: 317*)

$$P_{cr} = \frac{f^2 E I}{L_k^2} \text{ dengan } I = r^2 \cdot A_g \quad (2.3.1)$$

$$P_{cr} = \frac{f^2 E A_g}{(Lk/r)^2}$$

Dimana :

E : Modulus elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)      L<sub>k</sub> : Panjang tekuk kolom (cm)

I : Momen inersia (cm<sup>4</sup>)      : *Phi (3,14)*

Untuk menentukan kekutan kolom dasar, beberapa kondisi perlu diasumsikan bagi sebuah kolom ideal. Sedangkan materialnya dapat diasumsikan bahwa terdapat sifat tegangan-tegangan tekan yang sama di seluruh penampang, tidak terdapat tegangan interval awal seperti yang terjadi karena pendinginan setelah penempaan atau pengelasan. Mengenai bentuk dan kondisi ujung, dapat diasumsikan bahwa kolom tersebut lurus dan prismatik sempurna, resultan beban bekerja melalui sumbu sentroid elemen tekan sampai elemen tekan tersebut melentur. Kondisi ujung harus ditentukan sehingga dapat panjang ujung jepit ekuivalennya. Kemudian asumsi lebih lanjut tentang tekuk, seperti teori defleksi kecil pada problema lentur biasa dapat diberlakukan dan

gaya geser dapat diabaikan, serta puntiran atau distorsi penampang lintang tidak terjadi selama lenturan. Untuk itu kekuatan sebuah kolom dapat diwujudkan sebagai; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, hal: 318*)

$$P_{cr} = \frac{E}{(KL/r)^2} = A_g = F_{cr} \cdot A_g \quad (2.3.2)$$

Dimana :

$E$  : Modulus elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ )

$KL/r$  : Rasio kerampingan efektif (panjang sendi ekuivalen)

$K$  : Faktor panjang efektif

$L$  : Panjang batang yang ditinjau (cm)

$A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )

$I$  : Momen inersia ( $\text{cm}^4$ )

$r$  : Radius girasi =  $\sqrt{I / A_g}$

Kekuatan kolom mengasumsikan ujung sendi di mana tidak ada kekangan rotasional momen. Kekangan momen nol pada ujung merupakan situasi paling lemah untuk batang tekan yang salah satu ujungnya tidak dapat bergerak transversal relatif terhadap ujung lainnya. Untuk kolom berujung sendi, panjang ekuivalen ujung sendi  $KL$  merupakan panjang  $L$  sebenarnya; dengan demikian  $K = L$ . Panjang ekuivalen berujung sendi disebut sebagai panjang efektif. Untuk memaksa sendi plastis pada balok, maka kolom dibuat lebih kuat (*over strenght*). Untuk maksud tersebut, maka kolom direncanakan masih dalam keadaan elastis. Panjang efektif kolom ( $L_k$ ) didapat dengan mengalihkan suatu faktor panjang efektif ( $k$ ) dengan panjang kolom ( $L$ ), nilai “ $k$ ” didapat dari nomograf (*AISC*,

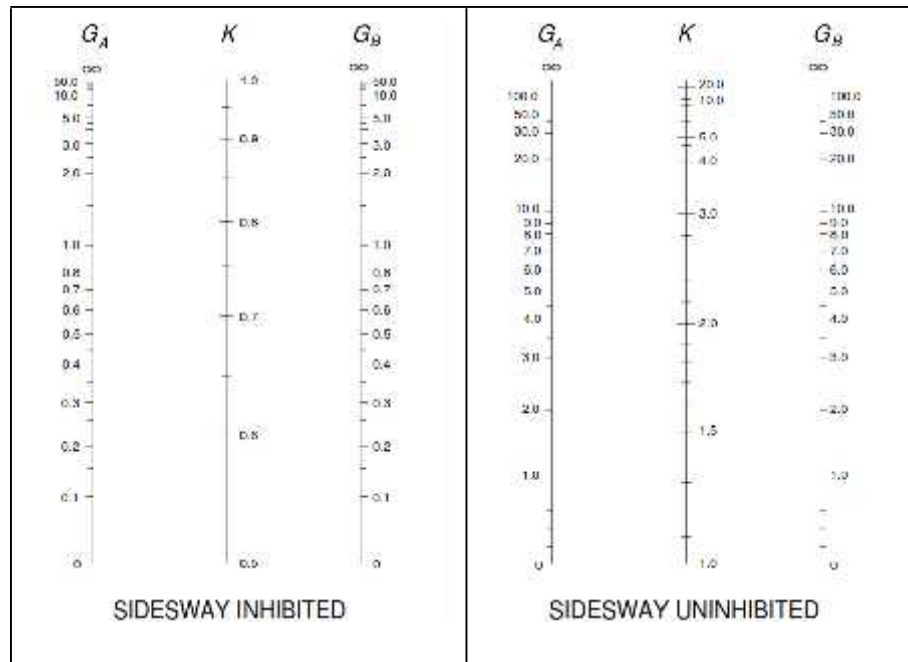
LRFD; *Manual Of Steel Counstraction, Column Design 3-6*), dengan menghitung nilai G, yaitu :

$$G = \frac{\sum (I / L) \text{ kolom}}{\sum (I / L) \text{ balok}} \quad (2.3.3)$$

Dimana :

I : Momen kelembaman kolom/balok (cm<sup>4</sup>)

L : Panjang kolom/balok (cm)



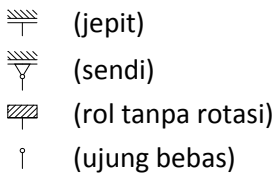
(Sumber; AISC, LRFD; *Manual Of Steel Counstraction, second edition; Column Design 3-6*)

**Gambar 2.3.** Nomograf panjang tekuk kolom portal

Kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya (contohnya tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang

besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian tumpuannya (contohnya adalah tumpuan sendi). Selain tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula resiko terhadap masalah tekuk.

Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak diantara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak diantara dua titik belok dari kelengkungan kolom.

|   |  |      |     |     |     |     |
|---|--|------|-----|-----|-----|-----|
| Garis terputus menunjukkan posisi kolom saat tertekuk | (a)  | (b)  | (c) | (d) | (e) | (f) |
| Nilai $k_c$ teoritis                                  | 0,5  | 0,7  | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 |
| Nilai $k_c$ desain                                    | 0,650  | 0,80 | 1,2 | 1,0 | 2,1 | 2,0 |
| Keterangan  |  |      |     |     |     |     |

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II*, Agus Setiawan, hal:57)

**Gambar 2.4.** Nilai faktor panjang tekuk untuk beberapa macam perletakan

## **2.4 Sambungan**

Sambungan mempunyai peran penting pada setiap struktur, baik dalam desain elastis maupun plastis. Karena suatu keruntuhan struktur lebih sering diakibatkan oleh sambungan daripada oleh batang itu sendiri. Dalam desain plastis, sambungan harus memungkinkan suatu struktur untuk mencapai kapasitas momen plastis penampangnya. Telah kita ketahui bahwa momen plastis sering terletak pada pertemuan dua batang atau lebih. Hal ini dapat dicapai dengan adanya teknik penyambungan modern, baik dengan menggunakan las, las sebagian, baut, ataupun paku keeling.

## **2.5. Sambungan Balok Kolom**

Pada sambungan Kolom ke Balok adalah menjadi tujuan desain untuk membuat tranfer momen secara penuh dan sedikit atau tidak ada rotasi relatif dari batang–batang yang disambungkan tersebut, Pertimbangan desain yang utama adalah pada cara mentranmisikan beban–beban terpusat yang disebabkan gaya flens pada balok ke kolom disebelahnya. Pelat badan mungkin tidak mampu menerima beban tekan dari suatu flens balok tanpa adanya pengaku tambahan, sedangkan flens suatu kolom dapat memiliki deformasi yang berlebihan akibat gaya tarik dari suatu flens balok.

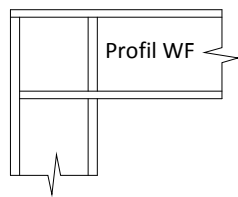
Dalam perencanaan suatu sambungan yang layak seharusnya sambungan dapat :

- a. Menstransfer momen ujung antara balok dan kolom
- b. Menstransfer geser ujung balok ke dalam kolom
- c. Menstransfer geser pada bagian atas kolom ke balok

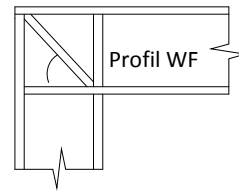


Tiga macam keruntuhan suatu struktur pada daerah sambungan  
yaitu :

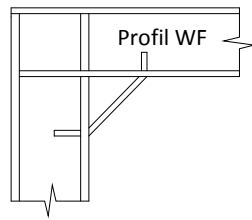
1. Keruntuhan pada daerah tekan, terjadi karena plastifikasi lokal web dan tekuk lokal web.
2. Keruntuhan pada daerah tarik, terjadi karena plastifikasi flens (sayap).
3. Keruntuhan akibat geser, terjadi pada web.



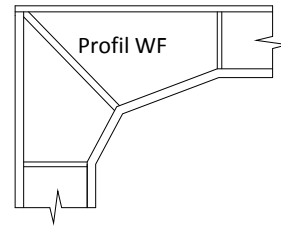
(a) sambungan siku tanpapun gaku



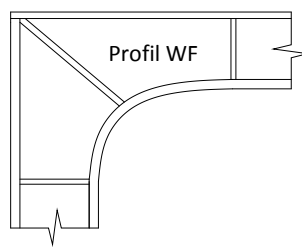
(b) sambungan siku dengan pengaku



(c) sambungan siku dengan pengaku lateral



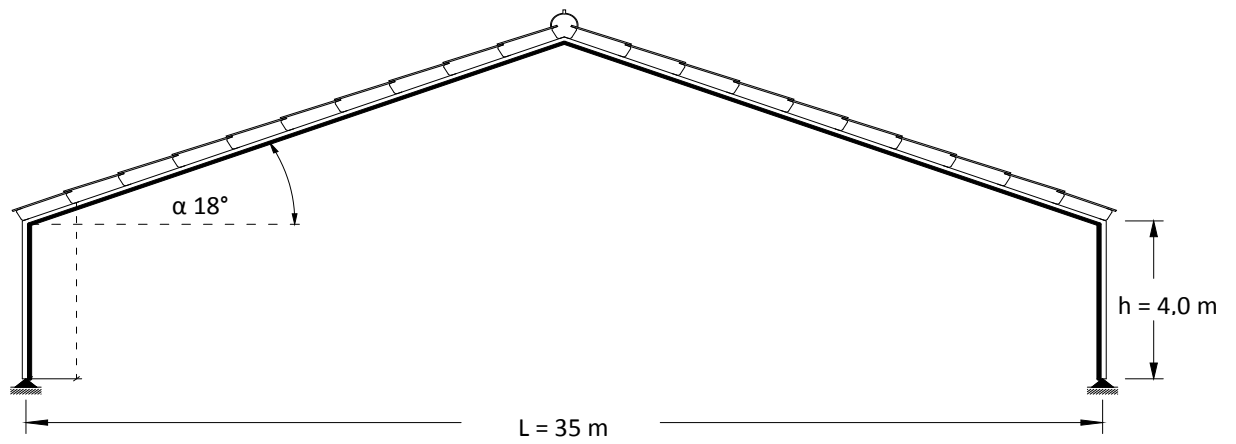
(d) sambungan siku dengan peninggian lurus (tirus)



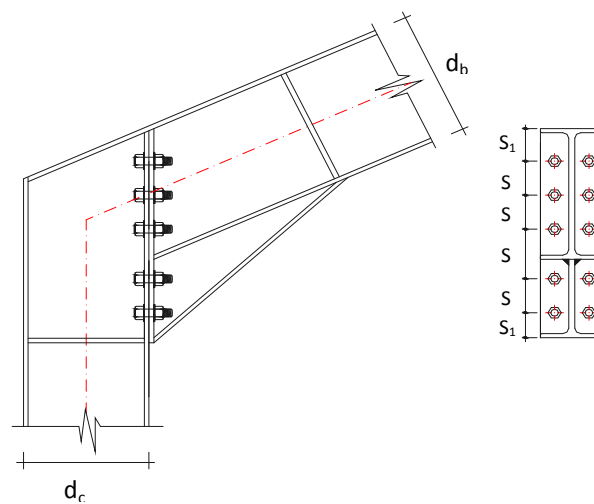
(e) sambungan siku dengan peninggian lengkung

*(Struktur Baja 2; Charles G. Salmon; 13.8.1 hal.113)*

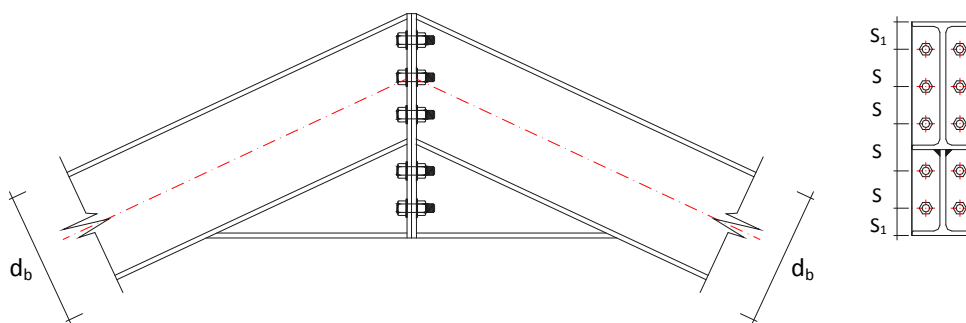
**Gambar 2.5.** Sambungan siku rangka-rigid



**Gambar 2.6.** Struktur Gable Frame



**Gambar 2.7.** Model sambungan tepi (sambungan kolom-balok)



**Gambar 2.8.** Model sambungan puncak (sambungan balok-balok)

## **2.6 Sambungan Baut**

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang disamping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya dibanding kan paku keling, seperti penggunaan tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Selain mutu tinggi, ada pula baut mutu normal A 307 terbuat dari baja kadar karbon rendah.

Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang di standarkan ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut ini mempunyai kepala berbentuk segi enam, baut A325 terbuat dari baja karbonyang memiliki kuat leleh 560–630 MPa sedangkan baut A490 yang terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790–900 MPa.

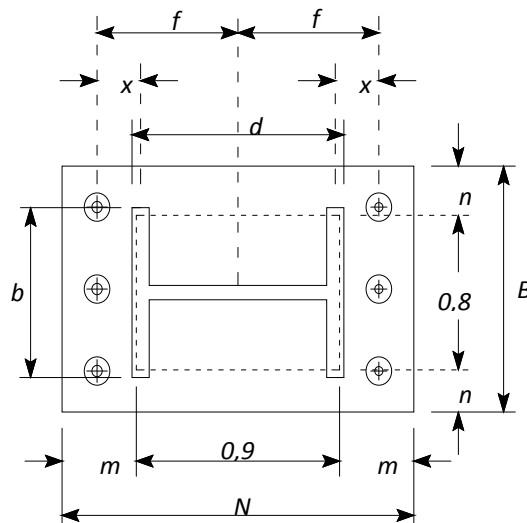
## **2.7 Sambungan Las**

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Meskipun pemakaian las sudah sering dijumpai, akan tetapi pemakaian las dalam bidang konstruksi masih terbilang baru, hal ini antara lain disebabkan pemikiran para ahli mengenai beberapa kerugian las yaitu bahwa las dapat mengurangi tahanan lelah bahan (*fatigue strenght*) dibanding paku keling dan mereka juga berpendapat tidak mungkin untuk memastikan kualitas las yang baik.

## 2.8 Plat Landas (*Base Plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur baja , bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah *base plate*. Pada umumnya suatu struktur *base plate* terdiri dari suatu plat dasar, angkur serta sirip–sirip pengaku (*stiffener*). Suatu sturuktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentranfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi .

Pelat dasar baja umumnya digunakan di bawah kolom untuk distribusi beban kolom di wilayah yang cukup untuk beton pondasi. Kecuali untuk  $m$  dan  $n$  dimensi yang kecil, pelat dasar dirancang sebagai balok kantilever, tetap di tepi persegi panjang yang sisi-sisinya adalah  $0,80b_f$  dan  $0,95d$ . Beban kolom,  $P$ , diasumsikan terdistribusi secara merata di atas pelat dasar dalam persegi panjang. Membiarkan  $F_b$  sebesar  $0,75F_y$ , ketebalan yang diperlukan ditemukan dari rumus :  
(*Steel Construction, AISC 8th 3-99*)



(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 330*)

**Gambar 2.9.** Penampang Base Plate

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \quad (2.8.1)$$

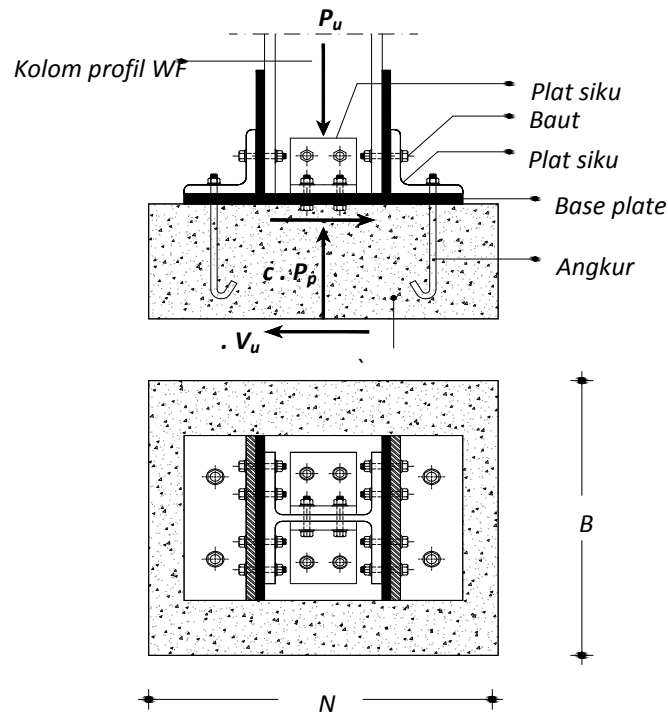
$$n = \frac{(B - 0,8.b_f)}{2} \quad (2.8.2)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.8.3)$$

Dimana :

- $B$  : Lebar base plate
- $N$  : Panjang base plate
- $b$  : Lebar sayap/flens kolom
- $d$  : Tinggi profil kolom
- $f$  : Jarak angkur kesumbu base plate dan sumbu kolom

Struktur *base plate* tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealisasi tumpuan, adalah berupa tumpuan sendi. Dalam kasus ini suatu base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja, maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata sepanjang bidang kontak antara *base plate* dan beton penumpu. Sedangkan angkur yang terpasang ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi.



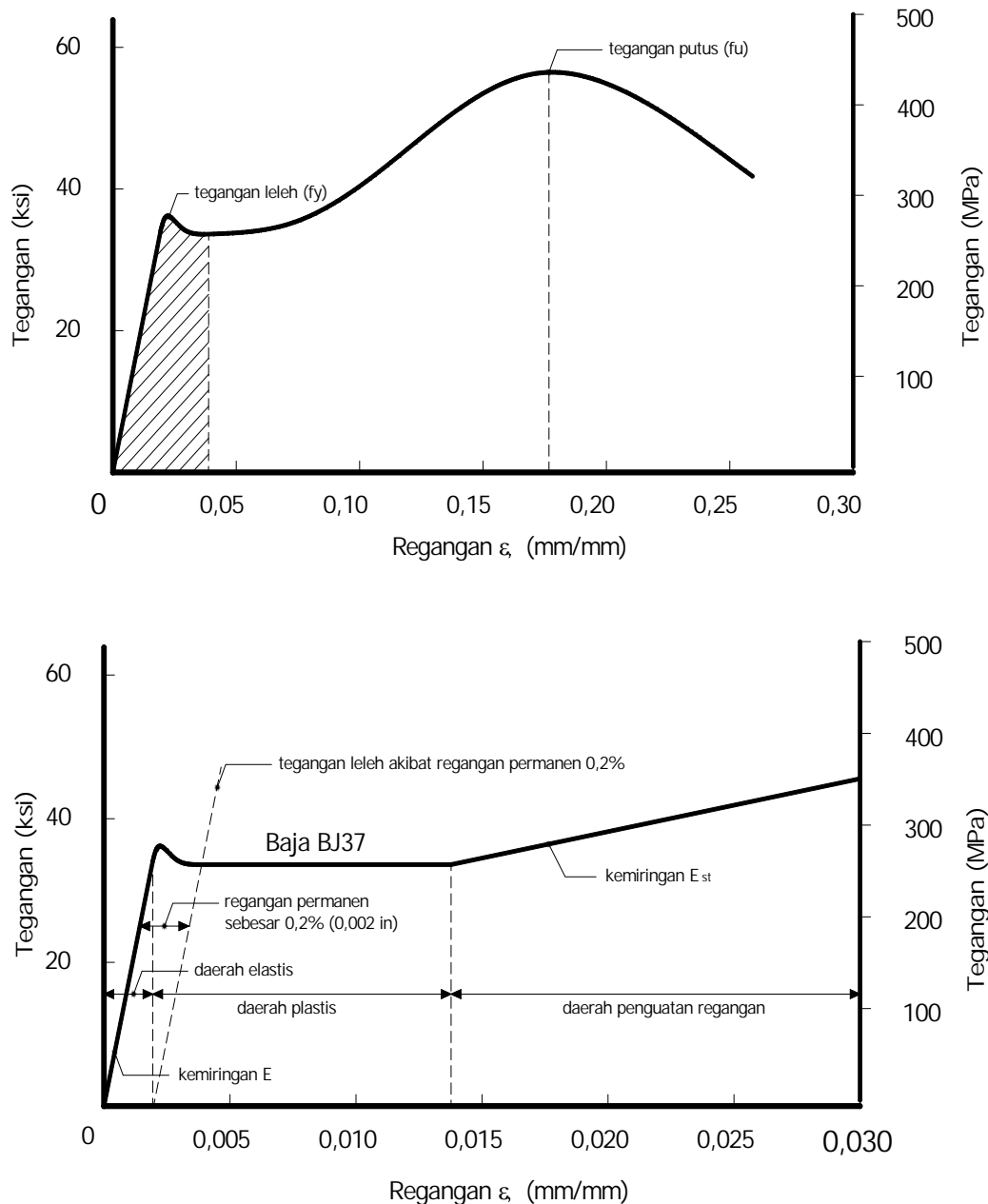
**Gambar 2.10.** Base Plate dengan gaya aksial dan gaya geser

## 2.9 Metode Analisa

### 2.9.1 Metode Analisa Elastis (*Allowable Stress Design*)

*Allowable Stress Design* (*desain tegangan yang diijinkan*) yang disebut pula *working stress design* (*desain tegangan kerja*), didalam metode ini, elemen struktur pada bangunan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul akibat beban kerja atau/layan tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan yaitu maks ijin .

Tegangan ijin ini ditentukan oleh peraturan bangunan atau spesifikasi (seperti *American Institute of Steel Construction (AISC) Specification 1978*) untuk mendapatkan faktor keamanan terhadap tercapainya tegangan batas, seperti tegangan leleh minimum atau tegangan tekuk (*buckling*). Tegangan yang dihitung akibat beban kerja/layan harus berada dalam batas elastic.



**Gambar 3.11** Diagram regangan tegangan

Pada kondisi beban kerja, tegangan yang terjadi dihitung dengan menganggap struktur bersifat elastis, dengan memenuhi syarat keamanan (kekuatan yang memadai) untuk struktur. Pada dasarnya, tegangan ijin pada baja sesuai kualitasnya yang diberikan dalam spesifikasi AISC ditentukan berdasarkan kekuatan yang bisa dicapai bila struktur dibebani lebih dari semestinya (faktor

beban tambahan jagaan). Bila penampang bersifat daktail dan tekuk (*buckling*) tidak terjadi, regangan yang lebih besar daripada regangan saat leleh dapat diterima oleh penampang tersebut.

Pada metode tegangan kerja (ASD) ini, tegangan ijin disesuaikan ke atas bila kekuatan plastis merupakan keadaan batas yang sesungguhnya. Jika keadaan batas yang sesungguhnya adalah ketidak-stabilan tekuk (*buckling*) atau kelakuan lain yang mencegah pencapaian regangan leleh awal, maka tegangan ijin harus diturunkan. Syarat-syarat daya layan lainnya seperti lendutan biasanya diperiksa pada kondisi beban kerja.

**Tabel 2.2** Harga Tegangan Dasar

| Jenis Baja | Tegangan Leleh     |     | Tegangan Ijin      |       |
|------------|--------------------|-----|--------------------|-------|
|            | 1                  |     | —                  |       |
|            | kg/cm <sup>2</sup> | Mpa | kg/cm <sup>2</sup> | Mpa   |
| Bj 34      | 2100               | 210 | 1400               | 140   |
| Bj 37      | 2400               | 240 | 1600               | 160   |
| Bj 41      | 2500               | 250 | 1666               | 166,6 |
| Bj 44      | 2800               | 280 | 1867               | 186,7 |
| Bj 50      | 2900               | 290 | 1933               | 193,3 |
| Bj 52      | 3600               | 360 | 2400               | 240   |

MPa : Mega Pascal – satuan sistem Internasional

1 MPa : 10 kg/cm<sup>2</sup>



Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut : (*Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal. 30)*

$$\frac{W R_n}{\phi} \geq \sum Q_i \quad (2.9.1.1)$$

Dimana :

= Faktor resistensi; factor reduksi

$R_n$  = Kekuatan nominal

= Faktor- faktor kelebihan beban

$\sum Q_i$  = Beban

Dalam filosofi ini, semua beban diasumsikan sebagai memiliki variabilitas rata-rata yang sama. Keseluruhan variabilitas beban-beban dan kekuatan-kekuatan ditempatkan pada ruas kekuatan persamaan tersebut. Untuk menyelidiki persamaan tersebut menurut *Allowable Stress Design* untuk balok, ruas kiri hendaknya mewakili kekuatan balok nominal  $M_n$  yang dibagi oleh suatu faktor keamanan  $FS$  (sama dengan  $\phi$ ), sedangkan ruas kanan mewakili momen lentur beban layanan  $M$  yang bekerja sebagai hasil dari semua tipe beban. Dengan demikian, **Persamaan (2.1)** akan menjadi : (*Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal. 30)*

$$\frac{M_n}{FS} \geq M \quad (2.9.1.2)$$

Dimana :

$M_n$  = Kekuatan momen nominal

$FS$  = Faktor keamanan ( / ) = 1,67

$M$  = Momen lentur; momen beban layan

Istilah *Allowable Stess Design* menyiratkan suatu tegangan elastis.

**Persamaan (2.2)** dapat dibagi dengan  $I/c$  yakni momen inersia  $I$  dibagi dengan jarak  $c$  dari sumbu netral ke serat terluar) untuk mendapatkan satuan- satuan tegangan. Dengan demikian, bila diasumsikan bahwa kekuatan nominal  $M_n$  tercapai pada saat tegangan serat terjauh merupakan tegangan leleh  $f_y$  (yakni  $M_n = f_y c$ ), **Persamaan (2.2)** akan menjadi : (*Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal. 31)*

$$\frac{f_y}{FS} \frac{I/c}{I/c} \geq \frac{M}{I/c} \quad (2.9.1.3)$$

Atau :

$$\frac{f_y}{FS} \geq \left[ f_b = \frac{M_c}{I} \right] \quad (2.9.1.4)$$

Dimana:

$f_y$  = Tegangan leleh

$FS$  = Faktor keamanan ( / ) = 1,67

$c$  = Jarak dari sumbu netral

$M$  = Momen lentur; momen beban layan

$I$  = Momen inersia

Dalam ASD,  $f_y/FS$  akan menjadi tegangan yang diijinkan  $f_b$ , dan  $f_b$  akan menjadi tegangan elastis hitungan dalam beban layanan penuh. Bila kekuatan

nominal final  $M_n$  telah didasarkan atas pencapaian suatu tegangan  $F_{cr}$  yang lebih sedikit dari pada  $f_y$  karena, misalnya saja kekuatan, tegangan yang diijinkan  $f_b$  akan sama dengan  $F_{cr}/FS$ . Dengan demikian kriteria keamanan dalam ASD dapat ditulis sebagai:

$$f_b \leq \left[ \bar{f}_b = \frac{f_y}{FS}; \bar{f}_b = \frac{F_{cr}}{FS} \right] \quad (2.9.1.5)$$

Dimana :

$f_b$  = Tegangan lentur beban layan

$\bar{f}_b$  = Tegangan lentur yang diijinkan

$f_y$  = Tegangan leleh

$FS$  = Faktor keamanan ( / ) = 1,67

$F_{cr}$  = Tegangan kritis pada kondisi tekan

Tegangan-tegangan ijin dari spesifikasi ASD diturunkan dari kekuatan yang mungkin dicapai oleh struktur bila struktur tersebut mengalami kelebihan beban. Bila profilnya cukup kenyal (*duktile*) dan tidak terjadi tekukan, regangan yang lebih besar daripada “lelehan yang pertama“ regangan  $\epsilon_y = f_y/E_s$  dapat terjadi pada profil tersebut ( $E_s$  merupakan modulus elastisitas). Perilaku tak elastis kenyal semacam itu memungkinkan lebih banyak beban dapat ditanggung daripada yang mungkin terjadi bila struktur tersebut masih sepenuhnya elastis. Dalam keadaan seperti itu tegangan ijin dapat dinaikan. Bila kekuatan dibatasi oleh tekukan atau suatu perilaku sehingga teganganya tidak mencapai tegangan lelehnya, maka tegangan ijinnya dapat diturunkan.

### 2.9.1.1 Kombinasi Pembebanan Metode ASD

Spesifikasi ASD menggunakan kombinasi pembebanan tanpa beban terfaktor yang diberikan dalam persamaan berikut :

$$D + L \quad (2.9.1.1.1)$$

$$D + W \quad (2.9.1.1.2)$$

$$(D + L + W) \times 80\% \quad (2.9.1.1.3)$$

### 2.9.1.2 Balok dengan Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

Balok menurut filosofi *Allowable Stress Design* memberikan keamanan struktural sebagai berikut : (*Charles G. Salmon John E. Johnson I hal. 431*)

$$\left( \frac{M_n}{X / W} = \frac{M_n}{FS} \right) \geq M \quad (2.9.1.2.1)$$

Dimana :

$M_n$  = Kekuatan momen nominal

/ = Faktor kelebihan beban dibagi dengan faktor kurangnya kekuatan

$FS$  = Faktor keamanan nominal pada desain balok = 1,67

$M$  = Momen lentur beban layan

Untuk memperoleh **Persamaan (2.4.1)** dalam format “tagangan”, bagilah kedua sisi tersebut dengan modulus penampang  $S$ , sehingga menjadi :

$$f_b \left( \frac{M}{S} \right) \leq \left( \bar{f}_b = \frac{M_n}{(FS)S} \right) \quad (2.9.1.2.2)$$

Dimana :

$f_b$  = Tegangan lentur beban layan =  $M/S$

$M$  = Momen lentur beban layan

$S$  = Modulus penampang elastic

$\bar{\tau}_b$  = Tegangan lentur yang diijinkan

$M_n$  = Kekuatan momen nominal

$FS$  = Faktor keamanan nominal pada desain balok = 1,67

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak adalah :

$$M_p = Z \cdot f_y = \phi \cdot S \cdot f_y \quad (2.9.1.2.3)$$

Dimana:

$M_p$  : Kekuatan momen plastis

$Z$  : Modulus plastis

$f_y$  : Kuat leleh

$S$  : Modulus penampang elastic

: Fraktor bentuk = 1,10

1. Untuk penampang profil I, lentur terhadap sumbu x-x adalah :

$$\bar{\tau}_b = \frac{\phi S f_y}{(FS)S} = \frac{1.10 S_x f_y}{(1,67) S_x} = 0,66 f_y \quad (2.9.1.2.4)$$

Dimana:

$\bar{\tau}_b$  : Tegangan ijin

$FS$  : Faktor keamanan = 1,67

$f_y$  : Kuat leleh

$S_x$  : Modulus penampang elastis sumbu x

2. Untuk penampang profil I, lentur terhadap sumbu y-y adalah :

$$F_b = 0,75 f_y \quad (2.9.1.2.5)$$

Dimana:

$\overline{f}_b$  : Tegangan ijin

$f_y$  : Kuat leleh

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak adalah :

$$\overline{f}_b = \frac{S \cdot f_y}{(FS)S} = \frac{f_y}{1,67} = 0,60 f_y \quad (2.9.1.2.6)$$

Dimana:

$\overline{f}_b$  : Tegangan ijin

$f_y$  : Kuat leleh

$FS$  : Faktor keamanan = 1,67

$S$  : Modulus penampang

Secara umum, lendutan maximum akibat beban mati + beban hidup harus lebih kecil dari  $\frac{1}{250}L$ ,  $L$  adalah bentang dari balok tersebut. Pada balok menerus atas banyak perletakan,  $L$  adalah jarak antara titik-titik beloknya akibat beban mati, sedangkan pada balok kantilever  $L$  adalah dua kali panjang kantilevernya.

Bila sebelum dibebani suatu konstruksi diberi lawan lendut demikian rupa sehingga akibat beban mati + beban hidup, lendutan yang terjadi terhadap garis

system yang sebenarnya kurang dari sama dengan  $\frac{1}{250}L$ , maka harus pula dipenuhi

syarat : lendutan maximum akibat beban hidup kurang dari sama dengan  $\frac{1}{500}L$ .

Disamping itu, sebuah gording harus memenuhi syarat tambahan. Yaitu kekakuan gording dalam arah sejajar bidang atap haruslah demikian rupa, sehingga akibat beban vertikal  $P=100$  kg di tengah-tengah bentangnya, lendutan maximum dalam arah sejajar bidang atap kurang dari sama dengan 25mm.

(Sumber: PPBBI, hal.106)

### 2.9.1.3 Batang Tarik *Allowable Stress Design* (ASD)

Batang tarik untuk metode ASD memberikan persyaratan keamanan sebagai berikut : (Charles G. Salmon John E. Johnson 1, hal : 105)

$$\frac{wR_n}{y} \geq \Sigma Q_i \quad (2.9.1.3.1)$$

Dimana:

: Faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan)

$R_n$  : Resistensi nominal (kekuatan)

$Q_i$  : Beban

Yang menyatakan bahwa kekuatan desain  $R_n$  yang dibagi dengan suatu faktor untuk kelebihan beban yang harus melebihi beban-beban layanan. Dalam metode desain tegangan ijin, besarnya provisi keamanan adalah / .

Untuk batang tarik, dengan mengambil faktor keamanan  $FS = 1,67$ , kekuatan  $R_n$  seperti halnya  $T_n$ , dan  $Q_i$  sama dengan beban layan  $T$  dalam tarik, persamaan tersebut menjadi :

$$\frac{T_n}{FS} \geq T \quad (2.9.1.3.2)$$

Dimana:

$T_n$  : Kekuatan nominal batang tarik

$FS$  : Faktor keamanan = 1,67 (*AISC, ASD, Manual of Steel Construction 2th*)

$T$  : Gaya tarik beban layan

#### 2.9.1.4 Batang Tekan dengan *Allowable Stress Design* (ASD)

Batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga terjamin stabilitasnya (tidak ada bahaya tekuk), hal ini harus diperlihatkan dengan persamaan :

$$\phi \frac{N}{A} \leq \bar{\sigma}$$

Dimana :

$N$  = Gaya tekan pada batang tersebut.

$A$  = Luas penampang batang

$\bar{\sigma}$  = Tegangan dasar pada table 1

$\phi$  = faktor tekuk yang tergantung dari kelangsingan ( $\lambda$ ) dan macam bajanya.

Harga  $\phi$  dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\phi_g = f \sqrt{\frac{E}{0,7 \sigma_{yield}}} \quad \phi_s = \frac{\phi_g}{\lambda}$$



Untuk  $\lambda_s \leq 0.183$ ; maka  $\omega = 1.0$

Untuk  $0.183 < \lambda_s < 1$ ; maka  $\omega = \frac{1.41}{1.593 - \lambda_s}$

Untuk  $\lambda_s \geq 1$ ; maka  $\omega = 1.25 \lambda_s$

(Sumber: PPBBI, hal.9)

Nilai faktor untuk berbagai mutu baja juga dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 pada PPBBI – 1984.

**Tabel Faktor Tekuk** untuk mutu Baja Bj 37 (Fe 360) – PPBBI – 1984 –  
halaman 12:

|     | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0   | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 10  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 20  | 1,000 | 1,004 | 1,011 | 1,017 | 1,024 | 1,031 | 1,038 | 1,045 | 1,052 | 1,059 |
| 30  | 1,066 | 1,073 | 1,081 | 1,088 | 1,096 | 1,103 | 1,111 | 1,119 | 1,127 | 1,135 |
| 40  | 1,144 | 1,152 | 1,161 | 1,169 | 1,178 | 1,187 | 1,196 | 1,205 | 1,215 | 1,224 |
| 50  | 1,234 | 1,244 | 1,254 | 1,264 | 1,274 | 1,284 | 1,295 | 1,206 | 1,317 | 1,328 |
| 60  | 1,339 | 1,351 | 1,363 | 1,375 | 1,387 | 1,399 | 1,412 | 1,425 | 1,438 | 1,451 |
| 70  | 1,465 | 1,478 | 1,492 | 1,507 | 1,521 | 1,536 | 1,552 | 1,567 | 1,583 | 1,599 |
| 80  | 1,616 | 1,632 | 1,650 | 1,667 | 1,685 | 1,703 | 1,722 | 1,741 | 1,761 | 1,781 |
| 90  | 1,801 | 1,822 | 1,844 | 1,866 | 1,888 | 1,911 | 1,935 | 1,959 | 1,984 | 2,009 |
| 100 | 2,036 | 2,062 | 2,090 | 2,118 | 2,147 | 2,177 | 2,208 | 2,239 | 2,272 | 2,305 |
| 110 | 2,340 | 2,375 | 2,421 | 2,464 | 2,508 | 2,552 | 2,597 | 2,642 | 2,687 | 2,733 |
| 120 | 2,779 | 2,826 | 2,873 | 2,920 | 2,968 | 3,016 | 3,064 | 3,113 | 3,162 | 3,212 |
| 130 | 3,262 | 3,312 | 3,363 | 3,414 | 3,465 | 3,517 | 3,570 | 3,622 | 3,675 | 3,729 |
| 140 | 3,783 | 3,837 | 3,892 | 3,947 | 4,002 | 4,058 | 4,114 | 4,170 | 4,227 | 4,285 |
| 150 | 4,342 | 4,401 | 4,459 | 4,518 | 4,577 | 4,637 | 4,697 | 4,757 | 4,818 | 4,879 |
| 160 | 4,941 | 5,003 | 5,065 | 5,128 | 5,191 | 5,254 | 5,318 | 5,382 | 5,447 | 5,512 |
| 170 | 5,578 | 5,643 | 5,710 | 5,776 | 5,843 | 5,911 | 5,978 | 6,046 | 6,115 | 6,184 |
| 180 | 6,253 | 6,323 | 6,393 | 6,463 | 6,534 | 6,605 | 6,677 | 6,749 | 6,821 | 6,894 |
| 190 | 6,967 | 7,041 | 7,115 | 7,189 | 7,264 | 7,339 | 7,414 | 7,490 | 7,566 | 7,643 |
| 200 | 7,720 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Kelangsingan pada batang-batang tunggal dicari dengan persamaan:

$$\left\{ 1 + \frac{Lk}{i} \right\}$$

Dimana:

$Lk$  : Panjang batang

$i$  : Jari-jari girasi

Persyaratan keamanan untuk kolom yang dibebani secara aksial dalam *Allowable Stress Design* (ASD) dapat dinyatakan sebagai : (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 361*)

$$\bar{f} \quad (2.9.1.4.1)$$

Dimana :

$f$  : Tegangan tarik atau tekan aksial beban layan =  $P/A_g$

$\bar{f}_a$  : Tegangan aksial beban layan yang diijinkan

#### 2.9.1.5 Sambungan Baut *Allowable Stress Design* (ASD)

a. Kekuatan geser desain baut

$$R_n = m A_b ( 0,60 F_u^b ) \quad (2.9.1.5.1)$$

dimana :

$R_n$  : Kekuatan nominal pada suatu penyambung

$m$  : Banyaknya bidang geser yang terlibat (irisian tunggal atau irisan ganda)

$A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak berulir,  $\text{cm}^2$

$F_u^b$  : Kekuatan tarik bahan baut

( *Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I hal 151* )

b. Kekuatan tumpu desain baut

$$R_n = 2.4 F_u d.t \quad (2.9.1.5.2)$$

dimana :

$R_n$  : Kekuatan nominal pada suatu penyambung

$F_u$  : Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung

$d$  : Diameter nominal baut

$t$  : Ketebalan pelat yang memikul baut

### 2.9.1.6 Sambungan Las *Allowable Stress Design* (ASD)

Karena filosofi *Allowable Stress Design* adalah menghitung “tegangan-tegangan” pada beban layan, dapat dibagi dengan luas efektif las per inch. Ruas-ruas persamaan tersebut bila dipertukarkan (mengubah pertidaksamaannya) akan memberikan : (*Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I hal 259*)

$$\left[ f = \frac{R}{t_e} \right] \quad \left[ \bar{f} = \text{Tegangan yang diijinkan} = \frac{R_n}{(FS)t_e} \right] \quad (2.9.1.6.1)$$

Dimana :

- $R$  : Beban layan
- $t_e$  : Dimensi leher efektif las
- $R_n$  : Kekuatan nominal
- $FS$  : Faktor keamanan = 1,67

Atau beban layan  $R$  per inch las tidak boleh melampaui beban  $R_w$  yang *dijinkan (allowable)* per inch las. Ini dapat diwujudkan sebagai : (*Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I hal 259*)

$$R \quad [ R_w = \text{tegangan ijin} \times t_e ] \quad (2.9.1.6.2)$$

Dimana :

- $R$  : Beban layan
- $R_w$  : Beban ijin per inch pada las
- $t_e$  : Dimensi leher efektif las

### 2.9.1.7 Perhitungan *Base Plate* Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

Untuk memenuhi syarat kesetimbangan statis, pada *Allowable Stress Design* reaksi tumpuan pada beton ( $P_p$ ) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja. ( *Steel Design Guide Series 1. Hal 4* )

$$F_p = 0,35 \cdot f_c' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad c \cdot P_p \quad (2.9.1.71)$$

dimana :

$c$  : 0,70

$f_c'$  : mutu kuat tekan beton, (MPa)

$A_1$  : luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, (mm<sup>2</sup>)

$A_2$  : luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, (mm<sup>2</sup>)

### 2.9.2 Metode Plastis (*Load and Resistance Factor Design*)

Pendekatan umum berdasarkan faktor daya tahan dan beban, atau disebut dengan *Load Resistance Design Factor* (LRFD) ini adalah hasil penelitian dari *Advisory Task Force* yang dipimpin oleh T. V. Galambos. Pada metode ini diperhitungkan mengenai kekuatan nominal  $M_n$  penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*under-capacity*) , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak-pastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam *ultimite*

atau  $\mu$ , dengan kelebihan beban (*overload*) (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidak-pastian dalam analisa struktur dalam menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), angin (*wind*), dan gempa (*earthquake*).

Struktur harus selalu direncanakan memikul beban yang lebih besar daripada yang diperkirakan dalam pemakaian normal. Kapasitas cadangan ini disediakan terutama untuk memperhitungkan kemungkinan beban yang berlebihan. Selain itu, kapasitas cadangan juga ditujukan untuk memperhitungkan kemungkinan pengurangan kekuatan penampang struktur. Penyimpangan pada dimensi penampang walaupun masih dalam batas toleransi bisa mengurangi kekuatan. Terkadang penampang baja mempunyai kekuatan leleh sedikit di bawah harga minimum yang ditetapkan, sehingga juga mengurangi kekuatan.

Kelebihan beban dapat diakibatkan oleh perubahan pemakaian dari yang direncanakan untuk struktur, penaksiran pengaruh beban yang terlalu rendah dengan penyederhanaan perhitungan yang berlebihan, dan variasi dalam prosedur pemasangan. Biasanya perubahan pemakaian yang drastis tidak ditinjau secara eksplisit atau tidak dicakup oleh faktor keamanan, namun prosedur pemasangan yang diketahui menimbulkan kondisi tegangan tertentu harus diperhitungkan secara eksplisit.

Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut : ( *Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal 28*)

$$R_n \quad \quad {}_iQ_i \quad \quad (2.9.2.1)$$

Dimana :

= Faktor resistensi; factor reduksi

$R_n$  = Kekuatan nominal

$i$  = Faktor- factor kelebihan beban

$Q_i$  = Beban

Dimana ruas kiri mewakili resistensi, atau kekuatan dari komponen atau struktur, sedangkan sisi kanan mewakili beban yang diharapkan akan ditanggung. Pada sisi kekuatan, harga nominal resistensi  $R_n$  dikalikan dengan faktor resistensi (reduksi kekuatan) untuk mendapatkan kekuatan desain (*disebut juga kekuatan yang dapat digunakan atau resistensi yang dapat digunakan*). Pada sisi beban  $Q_i$  dikalikan dengan faktor-faktor kelebihan beban  $i$ , untuk mendapatkan jumlah beban-beban terfaktor ( ${}_iQ_i$ ). Nilai faktor mungkin saja berlainan untuk masing-masing tipe beban  $Q$  yang bekerja seperti beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W), beban gempa (E).

**Tabel 2.3.** Sifat Mekanis Baja Struktur

| Kuat rencana untuk                      | Faktor reduksi<br>( ) |
|---|-----------------------|
| Komponen struktur yang memikul lentur : |                       |
| • Balok                                 | 0,90                  |
| • Balok plat berdinding penuh           | 0,90                  |
| • Plat badan yang memikul geser         | 0,90                  |
| • Plat badan pada tumpuan               | 0,90                  |
| • Pengaku                               | 0,90                  |

| Kuat rencana untuk  | Faktor reduksi<br>( )        |
|---|------------------------------|
| Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial : <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuat penampang</li> <li>Kuat komponen struktur</li> </ul>   | 0,85<br>0,85                 |
| Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial : <ul style="list-style-type: none"> <li>Terhadap kuat penampang</li> <li>Terhadap kuat tarik fraktur</li> </ul>   | 0,90<br>0,75                 |
| Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi ; <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuat lentur atau geser</li> <li>Kuat tarik</li> <li>Kuat tekan</li> </ul>   | 0,90<br>0,90<br>0,85         |
| Komponen struktur komposit : <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuat tekan</li> <li>Kuat tumpu beton</li> <li>Lentur dengan distribusi tegangan plastis</li> <li>Lentur dengan distribusi tegangan elastis</li> </ul> | 0,85<br>0,60<br>0,85<br>0,90 |
| Sambungan baut : <ul style="list-style-type: none"> <li>Baut yang memikul geser</li> <li>Baut yang memikul tarik</li> <li>Baut yang memikul kombinasi geser dan tarik</li> <li>Lapis yang memikul tumpu</li> </ul>        | 0,75<br>0,75<br>0,75<br>0,75 |
| Sambungan las : <ul style="list-style-type: none"> <li>Las tumpul penetrasi penuh</li> <li>Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian</li> <li>Las pengisi</li> </ul>  | 0,90<br>0,75<br>0,75         |

(sumber : Perenc Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD hal 14)

### 2.9.2.1 Kombinasi Pembebanan Metode LRFD

Spesifikasi LRFD menggunakan enam kombinasi beban terfaktor yang diberikan dalam persamaan berikut :

$$1,4 D \quad (2.9.2.1.1)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2.9.2.1.2)$$

$$1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (0,5 L \text{ atau } 0,8 W) \quad (2.9.2.1.3)$$

$$1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2.9.2.1.4)$$

$$1,2 D + 1,5 E + (0,5 L \text{ atau } 0,2 S) \quad (2.9.2.1.5)$$

$$0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,5 E) \quad (2.9.2.1.6)$$

Dimana :

$D$  = Beban Mati

$L$  = Beban Hidup

$L_r$  = Beban Hidup Atap

$W$  = Beban angin

$S$  = Beban salju

$E$  = Beban gempa

$R$  = Beban air hujan atau beban es

### 2.9.2.2 Balok dengan Metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Persyaratan keamanan untuk balok pada desain faktor beban dan resistensi menurut LRFD dapat dinyatakan sebagai : (*Charles G. Salmon John E. Johnson hal. 425*)

$$\phi M_n \geq M_u \quad (2.9.2.2.1)$$



Dimana :

$b$  : Faktor resistensi (reduksi kekuatan) untuk lentur = 0,90

$M_n$  : Kekuatan momen nominal

$M_u$  : Momen beban layan terfaktor

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, dan tidak kompak, dan langsing seperti halnya pada batang tekan. Batasannya kompak, tidak kompak, dan langsing adalah :

1. Penampang Kompak :  $\lambda < \lambda_p$
2. Penampang tidak Kompak :  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
3. Penampang langsing :  $\lambda > \lambda_r$

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak adalah :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y \quad (2.9.2.2.2)$$

Dimana :

$M_p$  : Momen tahanan plastis

$Z$  : Modulus plastis

$f_y$  : Kuat leleh

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak pada saat  $\lambda = \lambda_r$  adalah :

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S \quad (2.9.2.2.3)$$

Dimana :

$f_y$  : Kuat leleh

$f_r$  : Tegangan sisa (*residu*)

$S$  : Modulus penampang

Besarnya tegangan sisa  $f_r = 70$  MPa untuk penampang gilas panas, dan 115 MPa untuk penampang yang dilas. Bagi penampang

yang tidak kompak yang mempunyai  $p < r$ , maka besarnya tahanan momen nominal dicari dengan melakukan interpolasi linier, sehingga diperoleh :

$$M_n = \frac{r - p}{r - p} M_p + \frac{p - r}{r - p} M_r \quad (2.9.2.2.4)$$

Dimana :

$r$  : Kelangsingan penampang balok ( $b/2.t_f$ )

$p$  : Dapat dilihat di tabel 75-1 peraturan baja atau tabel 24

**Tabel 2.4** Batasan Rasio Kelangsingan  $p$  untuk penampang kompak

| [Modulus Elastisitas Baja, E = 200.000 MPa] |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Tegangan Leleh<br>(MPa)                     | Tekuk Lokal Flans<br>$\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$ | Tekuk Lokal Web<br>$\frac{h}{t_w} = \frac{1650}{\sqrt{f_y}}$ | Tekuk Torsi Lateral<br>$\frac{L}{r_r} = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$ |
| 210   | 11,73   | 115,93   | 54,52   |
| 240   | 10,97   | 108,44   | 50,99   |
| 250   | 10,75   | 106,25   | 46,96   |
| 290   | 9,98  | 98,65  | 46,39   |
| 410   | 8,40  | 82,97  | 39,02   |

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal:184)

**Tabel 2.5** Batasan Rasio Kelangsingan  $r$  untuk penampang tidak kompak

| [Modulus Elastisitas Baja, E = 200.000 MPa] |   |  |
|---|---|--|
| Tegangan Leleh<br>$f_y$ (MPa)               | Tekuk Lokal Flans<br>$\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$ | Tekuk Lokal Web<br>$\frac{h}{t_w} = \frac{2250}{\sqrt{f_y}}$ |
| 210   | 2,64  | 175,97   |
| 240   | 2,18  | 164,60   |
| 250   | 2,06  | 161,28   |
| 290   | 1,68  | 149,74   |
| 410   | 1,09  | 125,94   |

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal:186*)

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan ,serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut.batas lendutan maksimum diberikan dalam tabel. (Sumber; *SNI 03-1729-2002, hal.35*)

**Tabel 2.6** Batas Lendutan Maksimum

| Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor  | Beban tetap | Beban sementara |
|---|-------------|-----------------|
| Balok pemikul dinding atau finishing yang getas | $L/360$     | -               |
| Balok biasa                                     | $L/240$     | -               |
| Kolom dengan analisis orde pertama saja         | $h/500$     | $h/200$         |
| Kolom dengan analisis orde dua                  | $h/300$     | $h/200$         |

dimana :      L = panjang balok  
                  h = tinggi kolom

### 2.9.2.3 Batang Tarik *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Utuk batang tarik dengan metode LRFD dapat menggunakan persyaratan keamanan struktur sebagai berikut : (C.G. Salmon; hal. 95)

$$R_n \geq \sum_i Q_i \quad (2.9.2.3.1)$$

dimana:

$\phi$  : Faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan)

$R_n$  : Resistensi nominal (kekuatan)

$i$  : Faktot-faktor kelebihan beban

$Q_i$  : Beban

Persamaan (2.9.2.3.1) menyatakan bahwa kekuatan desain  $R_n$  sama atau melebihi penjumlahan beban-beban terfaktor, atau secara khusus untuk batang tarik, persamaan (2.9.2.3.1) menjadi : (C.G. Salmon; hal. 95)

$$T_u \leq \phi \cdot T_n \quad (2.9.2.3.2)$$

Dimana :

$\phi$  : Faktor resistensi (reduksi tahanan)

$T_n$  : Tahanan nominal

$T_u$  : Gaya tarik aksial terfaktor

#### 2.9.2.4 Batang Tekan dengan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Persyaratan kekuatan dan resistansi batang tekan menurut LRFD. (Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 6.8.1 hal.342)

$$\phi_c P_n \geq P_u \quad (2.9.2.4.1)$$

Dimana :

$P_n$  : Kekuatan nominal (kg)

$P_u$  : Beban layanan terfaktor (kg)

$\phi_c$  : Faktor reduksi kuat aksial tekan = 0,85

Filosofi desain faktor beban dan resistensi (LRFD) bertujuan memberikan margin keamanan dan konstanta bagi semua kolom. Bila kekuatan tersebut bervariasi menurut kerampingan, tentulah variasi ini harus dicakup dalam kekuatan nominal  $P_n$

Kekuatan nominal  $P_n$  dari suatu elemen tekan adalah dihitung dengan menggunakan provisi kekuatan kolom; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 6.7.6 hal.340*)

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (2.9.2.4.2)$$

Dimana :

$P_n$  : Kekuatan nominal batang tekan yang dibebani secara aksial

$F_{cr}$  : Tegangan kritis pada kondisi tekan (*tegangan tekuk*)

$A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )

$$1. \text{ Untuk } \lambda_c \leq 1,5 : F_{cr} = (0,658 \cdot \lambda_c^2) f_y \quad (2.9.2.4.3)$$

$$2. \text{ Untuk } \lambda_c > 1,5 : F_{cr} = \left[ \frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \cdot f_y \quad (2.9.2.4.4)$$

Dengan nilai  $\lambda_c$  adalah :

$$\lambda_c = \frac{KL}{r} \sqrt{\frac{f_f}{f^2 E}} \quad (2.9.2.4.5)$$

Dimana :

$\lambda_c$  : Kelangsingan

$A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )

$K$  : Faktor panjang efektif

$L$  : Panjang batang/kolom (cm)

$f_y$  : Tegangan leleh baja ( $\text{kg/cm}^2$ )

$r$  : Radius girasi ( $\text{cm}$ ) =  $\sqrt{I / A_g}$

Beberapa kondisi batas yang harus diperhitungkan dalam perencanaan batang tekan, yaitu:

1. Kelelehan penampang (*yielding*)
2. Tekuk lokal (*local buckling*)

Peristiwa menekuknya elemen pelat penampang (sayap atau badan) akibat rasio lebar–tebal yang terlalu besar. Tekuk lokal mungkin terjadi sebelum batang/kolom menekuk lentur. Oleh karena itu disyaratkan pula nilai maksimum bagi rasio lebar- tebal pelat penampang batang tekan.

3. Tekuk lentur (*flexural buckling*)

Peristiwa menekuknya batang tekan (pada arah sumbu lemahnya) secara tiba–tiba ketika terjadi ketidakstabilan. Kuat tekan nominal pada kondisi batas ini dapat dirumuskan :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$$

Dimana :

Untuk  $\lambda_c \leq 0.25$ ;                      maka  $\omega = 1.0$

Untuk  $0.25 < \lambda_c < 1.2$ ;            maka  $\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c}$

Untuk  $\lambda_c \geq 1.2$ ;                    maka  $\tilde{S} = 1.25\lambda_c$

### 2.9.2.5 Sambungan Baut *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Untuk baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_n$ , harus memenuhi :

$$R_u \leq R_n \quad (2.9.2.5.1)$$

Dimana :

$R_n$  = Kuat nominal pada suatu penyambung dalam tarik

= Faktor reduksi kekuatan ( 0,75 )

$R_n$  = Kuat nominal baut ( 0,75 )

a. Kekuatan tarik desain satu baut dihitung dengan :

$$T_d = \phi T_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.9.2.5.2)$$

Keterangan :

$\phi$  : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

$f_u^b$  : Tegangan tarik putus baut

$A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak ber ulir. (cm<sup>2</sup>)=(1/4.  $\pi$ .d<sup>2</sup>)

b. Kekuatan geser desain satu baut dihitung dengan :

$$V_d = \phi V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.9.2.5.3)$$

Keterangan :

$\phi$  : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

$f_u^b$  : Tegangan tarik putus baut

$r_l$  : Untuk baut tanpa ulir pada bidang geser (0,5)

$r_l$  : Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (0,4)

$A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak ber ulir.(cm<sup>2</sup>)=(1/4.  $\pi$ .d<sup>2</sup>)

c. Kekuatan tumpu desain satu baut:

Kuat tumpu rencana bergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya lebih besar dari pada 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang lebih besar dari 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi R_n = 0,75 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.9.2.5.4)$$

Kuat tumpu yang dapat dari perhitungan diatas berlaku untuk semua jenis baut. Sedangkan untuk jenis baut selot panjang tegak lurus arah kerja gaya berlaku persamaan berikut ini :

$$R_d = \phi R_n = 0,75 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.9.2.5.5)$$

Keterangan :

- $\phi$  : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)
- $f_u$  : Tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat
- $t_p$  : Tebal plat
- $d_b$  : Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 101)

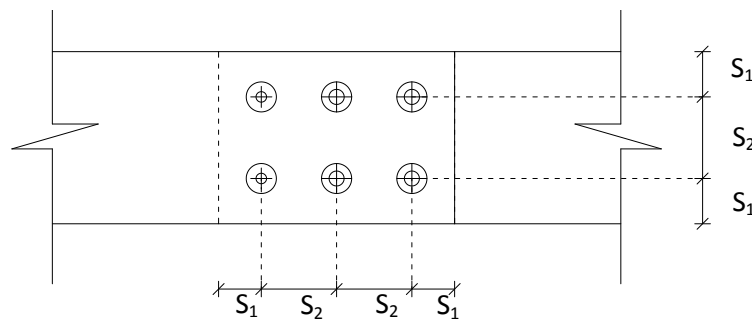


**Tabel 2.6** Tipe-tipe Baut

| Tipe Baut | Diameter Baut (mm) | Proof Stress (MPa) | Kuat Tarik Min.(MPa) |
|-----------|--------------------|--------------------|----------------------|
| A307      | 6,35 – 104         | –                  | 60                   |
| A325      | 12,7 – 25,4        | 585                | 825                  |
|           | 28,6 – 38,1        | 510                | 725                  |
| A490      | 12,7 – 38,1        | 825                | 1035                 |

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal:109*)

Tata letak baut diatur dalam SNI 03–1729–2002 Pasal 13.4. Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari tiga kali diameter nominal baut, dan jarak antar baut tepi dengan ujung plat harus sekurang-kurangnya 1,5 diameter nominal baut, dan jarak maksimum antar pusat lubang baut tidak boleh melebihi  $1,5 t_p$  (dengan  $t_p$  adalah tebal plat lapis tertipis dalam sambungan) atau 200 mm, sedangkan jarak tepi maksimum tidak boleh melebihi  $(4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm.



(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57*)

**Gambar 2.9.2.** Tata Letak baut

Dimana jarak tepi baut :  $3d_b < S < 1,5t_p$  atau 200 mm, dan jarak antar baut :  $1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100)$  atau 200 mm.

#### 2.9.2.6. Sambungan Las *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet didasarkan atas resistensi geser melalui leher las sebagai berikut :

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_e ( 0,60 F_{EXX} ) \quad (2.9.2.6.1)$$

Dimana :

$t_e$  : Dimensi lebar efektif

$F_{EXX}$  : Kekuatan tarik material elektroda

$t$  : Tebal material dasar disepanjang las

$F_u$  : Kekuatan tarik logam dasar

( Sumber : Charles G. Salmon dan John E. Johnson, *Struktur Baja I*

hal 254 )

#### 2.9.2.7 Perhitungan *Base Plate Metode Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Untuk memenuhi syarat kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton ( $P_p$ ) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u = c \cdot P_p \quad (2.9.2.7.1)$$

$$P_p = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_t \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.9.2.7.2)$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad (2.9.2.7.3)$$

dimana :

$$c : 0,60$$

$f_c'$  : Mutu kuat tekan beton, MPa

$A_1$  : Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm<sup>2</sup>

$A_2$  : Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm<sup>2</sup>

Untuk base plate yang termasuk katagori 1 (tidak ada momen lentur), maka :

$$A_t = B \cdot N \quad (2.9.2.7.4)$$

Sehingga  $P_u = (0,60) \cdot (0,85) \cdot f_c' \cdot B \cdot N \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.9.2.7.5)$

$$P_u = (0,60) \cdot (0,85) \cdot f_c' \cdot B \cdot N \cdot (2) \quad (2.9.2.7.6)$$

Angkur yang dipasang pada suatu base plate direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik, dan syarat sebagai berikut; (*Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, 13.18–13.21*)

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \quad (2.9.2.7.7)$$

$$T_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b \quad (2.9.2.7.8)$$

Untuk angkur tipe A307 :

$$F_t = 407 - 1,9 f_v < 310 \quad (2.9.2.7.9)$$

$$F_v = 166 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 :

$$F_t = 807 - 1,5 f_v < 621 \quad (2.9.2.7.9.1)$$

$$F_v = 414 \text{ MPa}$$

Dimana :

$V_{ub}$  : Gaya geser terfaktor pada angkur, (N)

$T_{ub}$  : Gaya tarik terfaktor pada angkur, (N)

$w$  : Faktor tahanan pada angkur = (0,75)

$F_v$  : Kuat geser nominal angkur, (Mpa)

$A_b$  : Luas penampang angkur, (mm<sup>2</sup>)

$F_t$  : Kuat tarik nominal angkur, (Mpa)

$f_v$  : Tegangan geser yang terjadi pada angkur =  $\frac{V_{ub}}{A_b}$

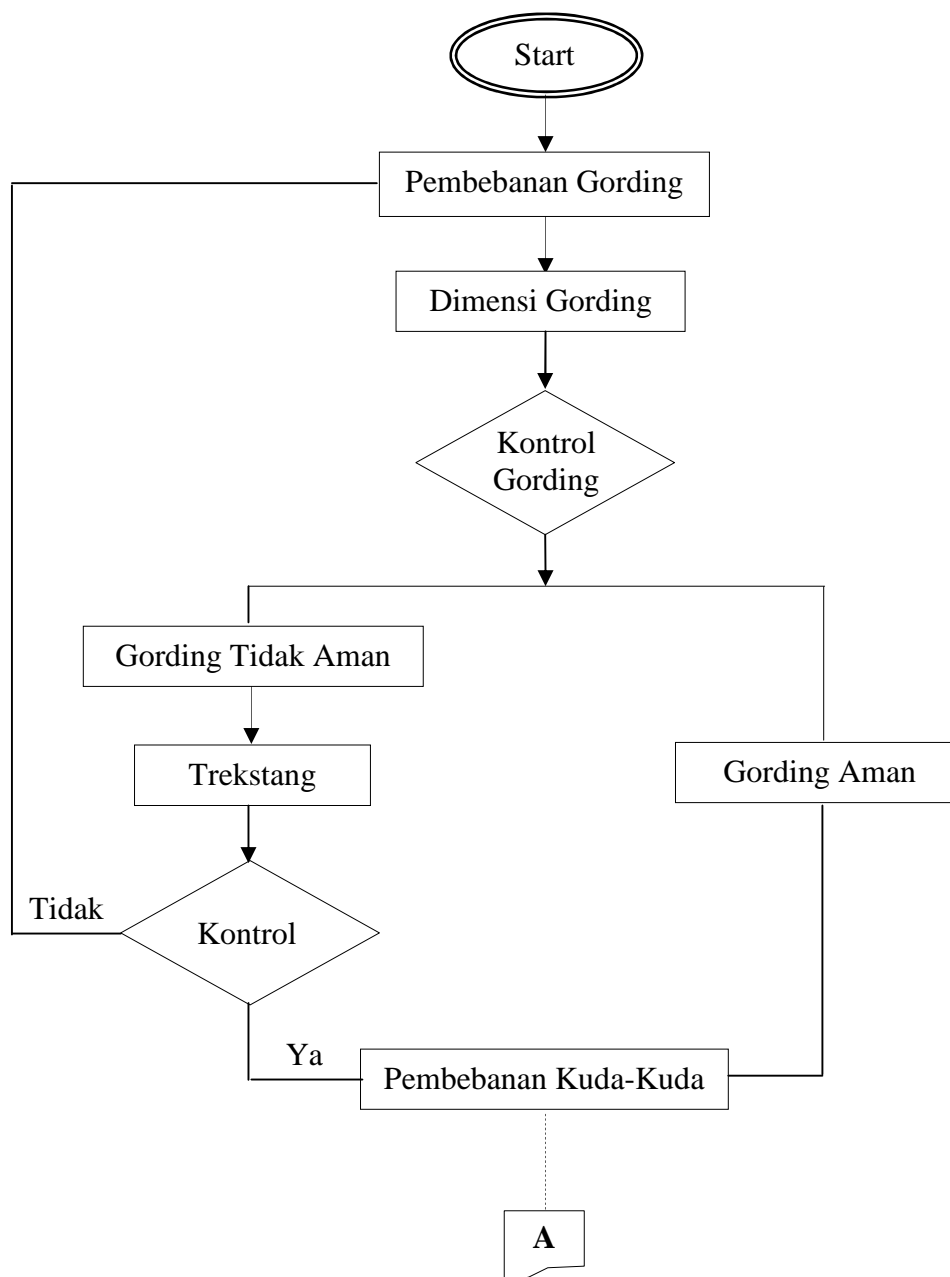
$n$  : Jumlah angkur

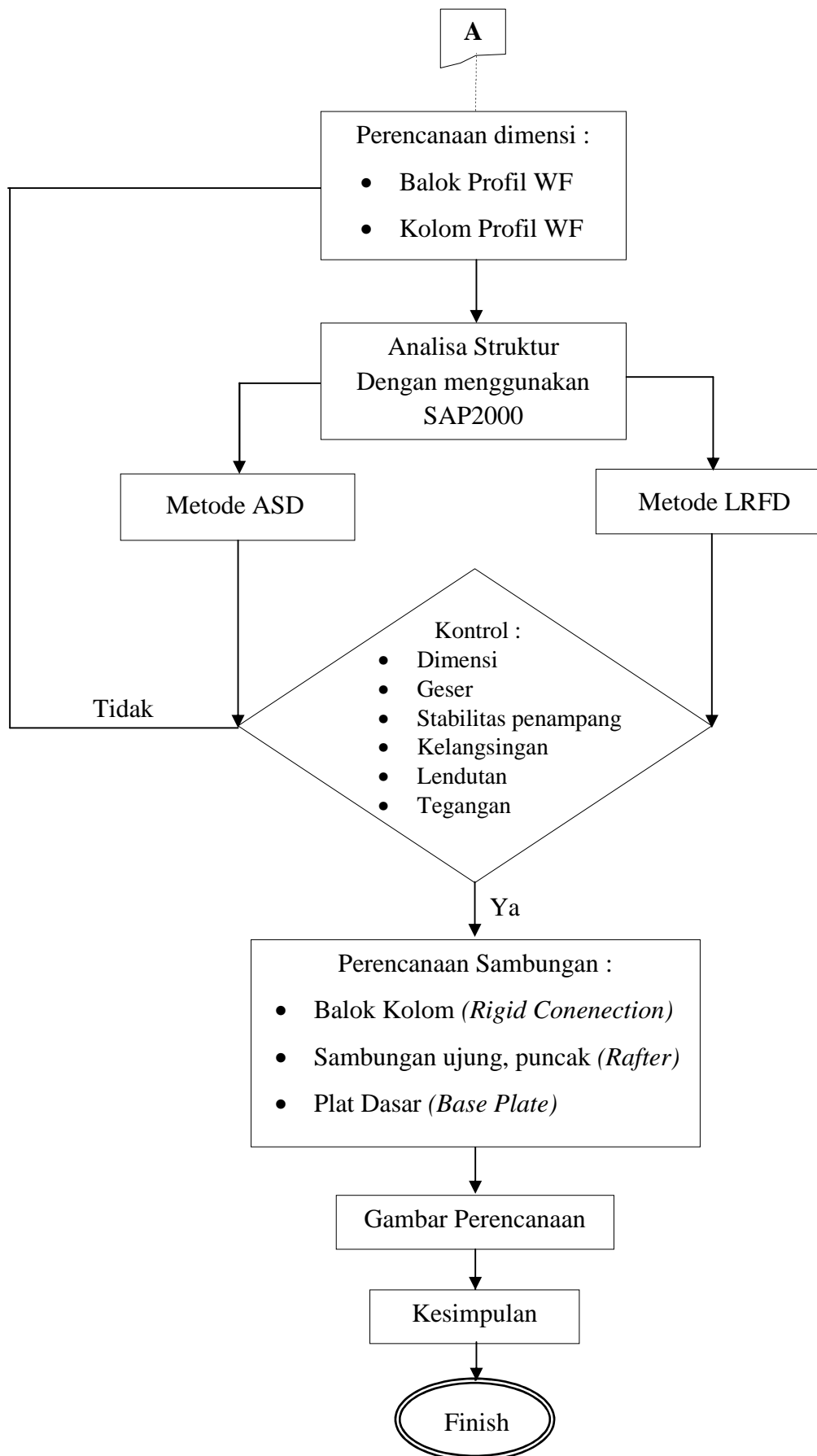
### BAB III

### BAGAN ALIR

#### 3.1 Bagan Alir Analisis

Bagan alir analisa perencanaan struktur *Gable Fame* :



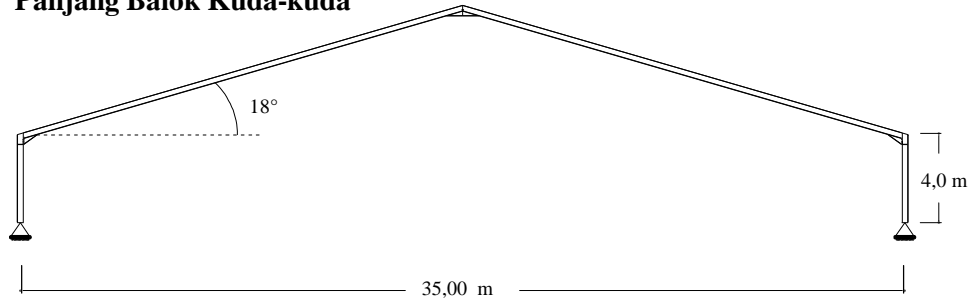


**BAB IV**  
**PERHITUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME METODE LRFD**  
*(Load and Resistance Factor Design)*

**4.1 Data Perencanaan**

|                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Bentang Kuda-Kuda           | : 35.00 meter                   |
| Jenis Atap                  | : Zinalum CD 760 (12 m x 1,9 m) |
| Berat Atap                  | : 4.00 kg/m <sup>2</sup>        |
| Jarak antar kuda-kuda       | : 6.00 meter                    |
| Jumlah Medan                | : 8 medan                       |
| Profil Gording direncanakan | : C : 150 . 50 . 20 . 2,3       |
| Tinggi Kolom                | : 4.00 meter                    |
| Kemiringan atap             | : 18 °                          |
| Jenis Bangunan              | : Pasar                         |
| Mutu Baja BJ 37             | : 240.00 MPa                    |

## 4.2 Panjang Balok Kuda-kuda

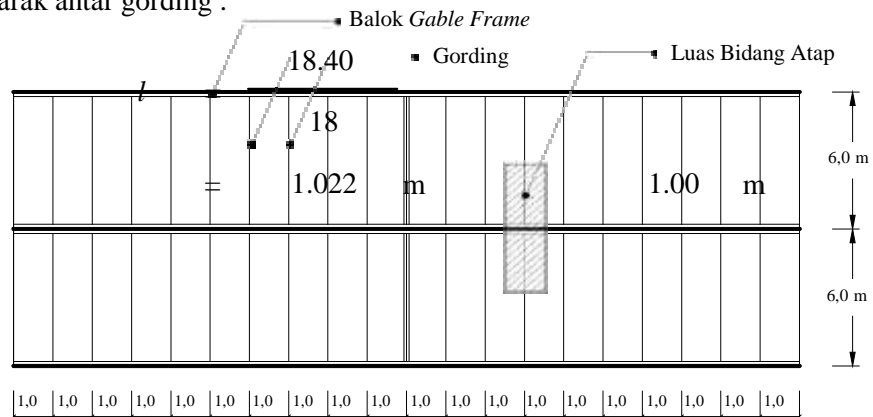


**Gambar 4.1.** Struktur Portal *Gable Frame*

Panjang balok kuda-kuda :

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok} &= \frac{35 / 2}{\cos 18^\circ} = \frac{17.5}{\cos 18^\circ} \\ &= 18.40 \text{ m} \longrightarrow \end{aligned}$$

Jarak antar gording :



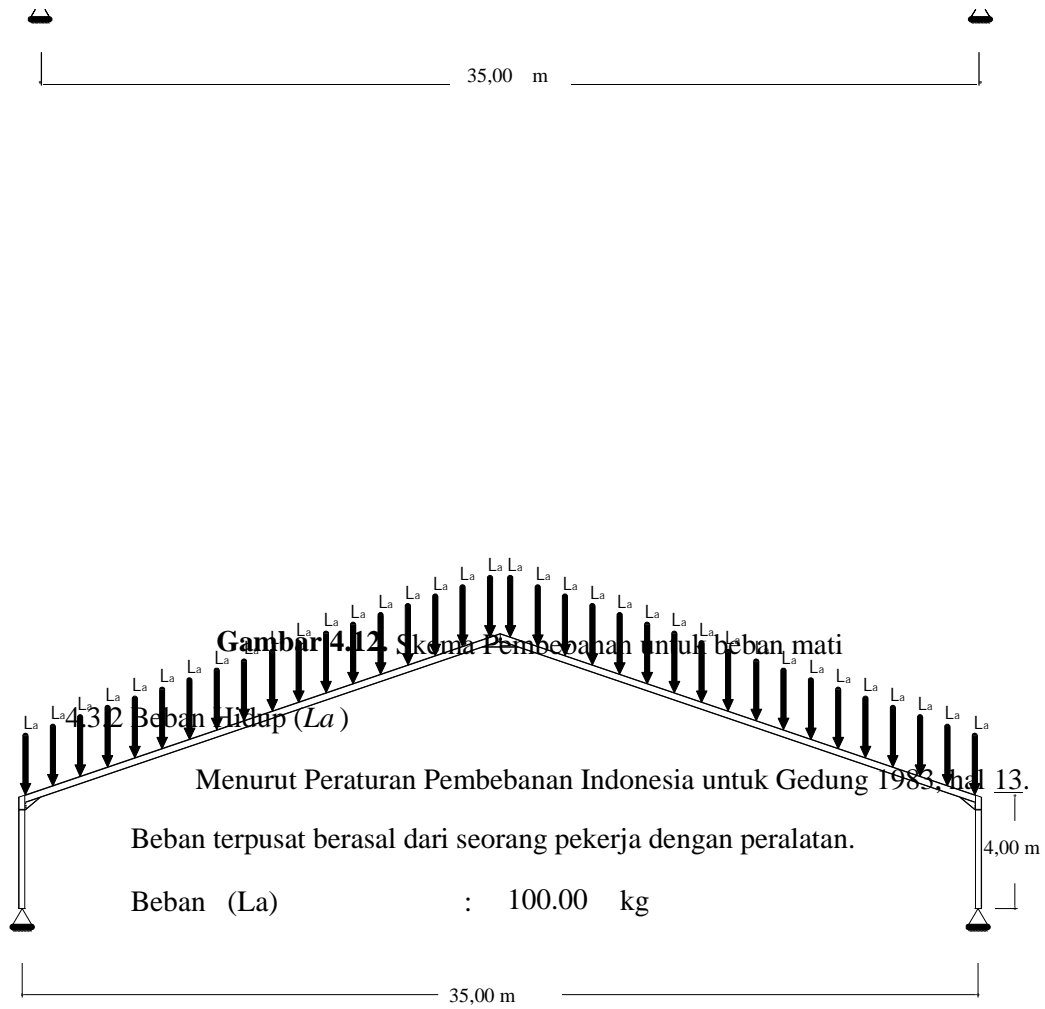
**Gambar 4.2.** Denah Atap kuda-kuda



### 4.3 Pembebanan Pada Gording

#### 4.3.1 Beban Mati (*D*)

|                             |   |                     |                    |
|-----------------------------|---|---------------------|--------------------|
| <b>Beban gording tepi</b>   |   | <b>= 4.350 kg/m</b> |                    |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |                     |                    |
|                             | : 4 x 1.00 x 6.00                       | =                   | 24.000 kg          |
| Berat gording               | : 4.350 x 6.00                          | =                   | 26.100 kg +        |
|                             |   | D                   | = 50.100 kg        |
| Beban alat penya            | bung 10% D                              | =                   | 5.010 kg +         |
| <b>Tot l beban mati</b>     |   | <b>D1</b>           | <b>= 55.110 kg</b> |
| <b>Beban gording tengah</b> |   |                     |                    |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |                     |                    |
|                             | : 4 x 1.00 x 6.00                       | =                   | 24.000 kg          |
| Berat gording               | : 4.350 x 6.00                          | =                   | 26.100 kg +        |
|                             |   | D                   | = 50.100 kg        |
| Beban alat penyambung       | 10% D                                   | =                   | 5.010 kg +         |
| <b>Tot l beban mati</b>     |   | <b>D2</b>           | <b>= 55.110 kg</b> |
| <b>Beban gording puncak</b> |   |                     |                    |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |                     |                    |
|                             | : 4 x (1/2 x 1.0) x 6.00                | =                   | 12.000 kg          |
| Berat gording               | : 4.350 x 6.00                          | =                   | 26.100 kg +        |
|                             |   | D                   | = 38.100 kg        |
| Beban alat penya            | bung 10% D                              | =                   | 3.810 kg +         |
| <b>Tot l beban mati</b>     |   | <b>D3</b>           | <b>= 41.910 kg</b> |



**Gambar 4.13.** Skema Pembebanan untuk beban Hidup

#### 4.3.3 Beban Angin (W)

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang di tinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>.

(Diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983; hal, 23)

Tekanan angin minimum diambil sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

Untuk atap segitiga dengan sudut kemiringan :  $< 65^\circ$  : (0,02 . - 0,4)

$$\begin{aligned}\text{Angin tekan} &= \text{Koefisien angin tekan} \times \text{tekanan angin} \\ &= (0.02 \cdot - 0.4) \times 25 \quad ; \quad = 18^\circ \\ &= -1.00 \quad \text{kg/m}^2 \\ \text{W1} &= -1 \cdot 1.00 \times 6.00 \\ &= -6.000 \quad \text{kg} \\ \text{W2} &= -1 \cdot 1.00 \times 6.00 \\ &= -6.000 \quad \text{kg} \\ \text{W3} &= -1 \cdot (1/2 \times 1) \times 6.00 \\ &= -3.000 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

Koefisien untuk angin hisap : (-0,4)

$$\begin{aligned}\text{Angin hisap} &= \text{Koefisien angin hisap} \times \text{tekanan angin} \\ &= -0.4 \times 25 \\ &= -10.00 \quad \text{kg/m}^2 \\ \text{W1} &= -10.00 \times 1.00 \times 6.00 \\ &= -60.000 \quad \text{kg} \\ \text{W2} &= -10.00 \times 1.00 \times 6.00 \\ &= -60.000 \quad \text{kg} \\ \text{W3} &= -10.00 \times (1/2 \times 1) \times 6.00 \\ &= -30.000 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

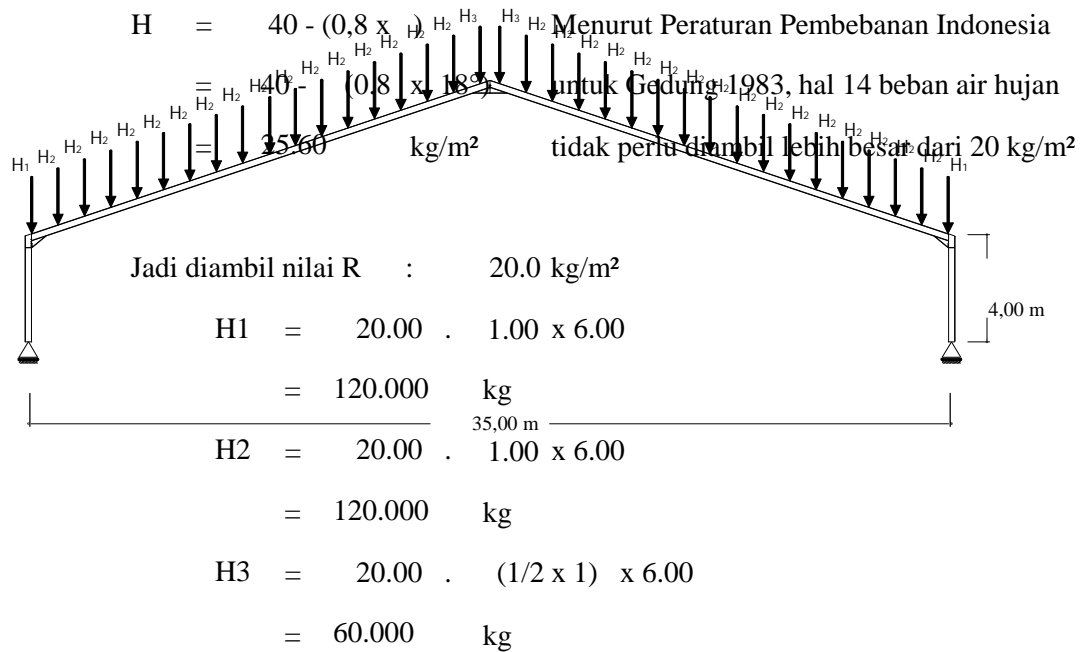
**Gambar 4.14.** Skema Pembebanan Akibat Angin

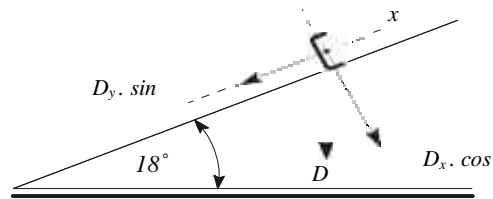
#### 4.3.4 Beban Air Hujan ( $R$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13-14.

Beban terbagi merata per  $m^2$  yang diakibatkan air hujan sebesar  $(40 - (0,8 \times \quad)) \text{ kg/m}^2$

Diambil tidak melebihi sebesar :  $2.00 \text{ kg/m}^2$

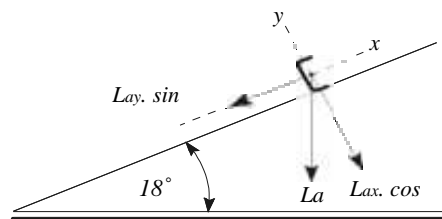




**Gambar 4.15.** Skema Pembebanan Akibat Air Hujan

#### 4.3.5 Penguraian Beban

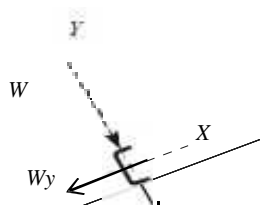
##### 1 . Beban mati (D)

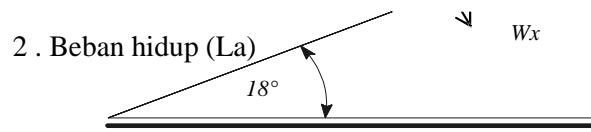


**Gambar 4.16.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban mati

$$\begin{aligned} D_x &= D_2 \cdot \cos \\ &= 55.11 \times \cos 18^\circ \\ &= 52.413 \text{ kg} \end{aligned}$$

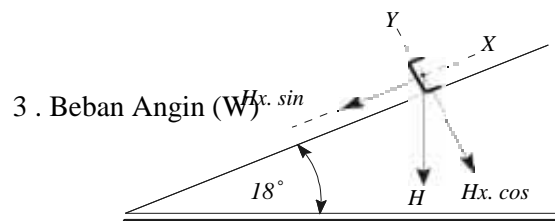
$$\begin{aligned} D_y &= D_2 \cdot \sin \\ &= 55.11 \times \sin 18^\circ \\ &= 17.030 \text{ kg} \end{aligned}$$





**Gambar 4.17.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 L_{ax} &= L_a \cdot \cos \\
 &= 100 \cdot \cos 18^\circ \\
 &= 95.106 \quad \text{kg.m} \\
 L_{ay} &= L_a \cdot \sin \\
 &= 100 \cdot \sin 18^\circ \\
 &= 30.902 \quad \text{kg.m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.18.** Skema Pembebanan Pada Gording untuk beban angin

|                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Untuk angin tekan              | Untuk angin hisap               |
| $W_x = -6.000 \quad \text{kg}$ | $W_x = -60.000 \quad \text{kg}$ |
| $W_y = 0.000 \quad \text{kg}$  | $W_y = 0.000 \quad \text{kg}$   |

Angin tekan bernilai negatif, sehingga di analisa sebagai angin hisap juga.

#### 4 . Beban Hujan (H)

**Gambar 4.19.** Skema pembebanan pada gording akibat beban air hujan

$$\begin{aligned} H_x &= H_2 \cdot \cos & H_y &= H_2 \cdot \sin \\ &= 120 \cdot \cos 18^\circ & &= 120 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 114.13 \text{ kg.m} & &= 37.08 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### 4.3.6 Kombinasi Pembebanan

Adapun spesifikasi kombinasi pembebanan (SNI 03-1729-2002):

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)
- 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W)
- 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)

Dimana :

- D = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
- La = Beban Hidup (Beban yang dapat bergerak)
- W = Beban angin
- E = Beban gempa (*ditentukan menurut : SNI 03-1726-2002*)
- H = Beban air hujan atau Beban es

**Tabel 4.6.** Pembebanan

| Type | D      | La     | H       | W      |         |
|------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Arah | (kg)   | (kg)   | (kg)    | (kg)   |         |
|      |        |        |         | Tekan  | Hisap   |
| x    | 52.413 | 95.106 | 114.127 | -6.000 | -60.000 |
| y    | 17.030 | 30.902 | 37.082  | 0.000  | 0.000   |

**Tabel 4.7.** kombinasi Pembebanan

| Kombinasi Beban                      |              |                 |              | (kg)      |
|--------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------|
| 1) 1,4 D                             |              |                 |              |           |
| Arah x :                             | 1.4 x 52.413 |                 | =            | 73.378    |
| Arah y :                             | 1.4 x 17.030 |                 | =            | 23.842    |
| 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)           |              |                 |              |           |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.41  | 0.5 x 114.127   | =            | 119.959   |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.03  | 0.5 x 37.082    | =            | 38.977    |
| 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W) |              |                 |              |           |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.41  | 1.6 x 114.127 + | 0.8 x 54.000 | = 288.698 |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.03  | 1.6 x 37.082 +  | 0.8 x 0.000  | = 79.767  |
| 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)   |              |                 |              |           |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.41  | 1.3 x 54.000 +  | 0.5 x 114.1  | = 190.159 |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.03  | 1.3 x 0.000 +   | 0.5 x 37.08  | = 38.977  |
| 5) 1,2 D                             |              |                 |              |           |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.413 |                 | =            | 62.895    |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.030 |                 | =            | 20.436    |
| 6) 0,9 D ± (1,3 W)                   |              |                 |              |           |
| Arah x :                             | 0.9 x 52.41  | 1.3 x 54.000    | =            | 117.371   |
| Arah y :                             | 0.9 x 17.03  | 1.3 x 0.000     | =            | 15.327    |



Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 3.

$$Q_x = 288.70 \text{ kg}$$

$$Q_y = 79.77 \text{ kg}$$

Nilai koefisien momen pada 8 medan.

(Ir. A. P. Potma, Ir. J. E. De Vries ; *Konstruksi Baja*, hal : 119)

$$1. \quad 0.078 \qquad 5. \quad 0.044$$

$$2. \quad \mathbf{0.106} \qquad 6. \quad 0.085$$

$$3. \quad 0.034 \qquad 7. \quad 0.041$$

$$4. \quad 0.077 \qquad 8. \quad \underline{0.083} \quad \text{Diambil koef. momen yang terbesar} = 0,106$$

$$L_{\text{gording}} = 600.00 \text{ cm}$$

$$M_u = 0,106 \cdot Q \cdot L$$

$$M_{ux} = 0.106 \times 288.70 \times 600.00$$

$$= 18,361.20 \text{ kg.cm}$$

$$M_{uy} = 0.106 \times 79.767 \times 600.00$$

$$= 5,073.192 \text{ kg.cm}$$

Dicoba profil : C : 150 . 50 . 20 . 2,3

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$A = 50 \text{ mm}$$

$$C = 20 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$I_x = 185 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 19.0 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 5.77 \text{ cm}^2$$

**Gambar 4.20.** Profil Kanal

$$\begin{array}{rcl}
 i_y & = & 2.27 \text{ cm}^2 \\
 Z_x & = & 24.7 \text{ cm}^3 \\
 \hline
 Z_y & = & 5.6 \text{ cm}^3 \\
 & + & \\
 \hline
 \end{array}$$

### Kontrol Momen

$$b. Mn = b \cdot M_p$$

$$Zx_{perlu} = \frac{M_{ux}}{b \cdot f_y} = \frac{18,361.200}{0,9 \times 2400}$$

$$Zx_{perlu} = 8.501 \text{ cm}^3 < Zx = 24.700 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 24.700 \times 2400.0 \\
 &= 59280.00 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$b. Mn_x > M_{ux}$$

$$53,352.000 \text{ kg.cm} > 18,361.200 \text{ kg.cm} \quad \text{OK}$$

$$Zy_{perlu} = \frac{M_{uy}}{b \cdot f_y} = \frac{5,073.192}{0,9 \times 2400}$$

$$Zy_{perlu} = 2.349 \text{ cm}^3 \leftarrow Zy = 5.600 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= Z_y \cdot f_y = \\
 &= 5.600 \times 2400.0 \\
 \sqrt{\phantom{x}} &= 13,440.0 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$b. M_{ny} > M_{uy}$$

$$12,096.00 \text{ kg.cm} > 5,073.192 \text{ kg.cm} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Puntir

$$\begin{array}{rcl} Mux & & Muy \\ b.Mnx & & b.Mny \\ 18361.200 & & 5073.192 \\ 0.9 \cdot 59280.0 & & 0.9 \cdot 13440.0 \end{array} = \frac{5073.192}{13440.0} = 0.764 < 1 \quad \text{OK}$$

**Tabel 4.8.** Batas lendutan Maksimum

| Komponen Struktur dengan beban tidak terfaktor  | Baban Tetap | Baban Sementara |
|---|-------------|-----------------|
| Balok pemikul dinding atau finishing yang getas | L/360       | -               |
| Balok biasa Kuda-kuda                           | L/240       | -               |
| Kolom dengan analisis ordo pertama saja         | h/500       | h/200           |
| Kolom dengan analisis ordo kedua                | h/300       | h/200           |

(Sumber: SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15)

### Kontrol Lendutan

Gording kanal C

Trekstang

$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2.500 \text{ cm}$

$f_x = \frac{5 \cdot M_x \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 18.361.200 \cdot 600^2}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 185} = 1.861 \text{ cm}$

$f_y = \frac{5 \cdot M_y \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 5.073.192 \cdot 600^2}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 119.0} = 5.006 \text{ cm}$

$f = \sqrt{1.861^2 + 5.006^2} = 5.341 \text{ cm} > 2.50 \text{ cm} \quad \text{NO}$

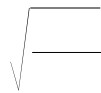
Lendutan tidak aman maka perlu dipasang trekstang

Pada arah sumbu lemah dipasang 2 buah trekstang pada bentang 1/3 gording.

$$L_y = 1/3 \times \text{jarak kuda-kuda} = 1/3 \times 600.0 = 200.00 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot M_{uy} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \times 5,073.192 \times 200^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 19.00} = 0.556 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= 1.861^2 + 0.556^2 \\ &= 1.942 \text{ cm} < 2.50 \text{ cm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$



**Gambar 4.21.** jarak antar trekstang pada gording ( $L_y$ )

**Gambar 4.22.** Gaya tarik trekstang

### Perhitungan Trekstang

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 D_2 + 1,6 L_a \\ &= 1,2 \times 55.110 + 1,6 \times 100.00 \\ &= 226.132 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \sin &= \frac{226.132}{\sin 18^\circ} \\ &= 731.779 \text{ kg} \\ &= 7317.785 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u = f_y \cdot A_g \quad \text{Untuk tegangan leleh} = 0.9$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y} = \frac{7,317.79}{0.9 \cdot 240} = 33.879 \text{ mm}^2$$

$$\text{Untuk tegangan putus} = 0.75$$

$$P_u = f_y \cdot 0,75 \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y \cdot 0,75} = \frac{7,317.785}{0,75 \cdot 240 \cdot 0,75} = 54.206 \text{ mm}^2 \dots \text{Menentukan}$$

$$A_g = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 54.206 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \cdot \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{54.206}{1/4 \cdot \pi}} \\ &= 8.308 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan trekstang dengan} = 10.0 \text{ mm}$$

**Tabel 4.9.** Pembagian beban Kuda-kuda

| Type   | D      | La     | H       | W <sub>kiri</sub> | W <sub>kanan</sub> |
|--------|--------|--------|---------|-------------------|--------------------|
| Beban  | (kg)   | (kg)   | (kg)    | (kg)              | (kg)               |
| Tepi   | 55.110 | 100.00 | 120.000 | -6.000            | -60.000            |
| Tengah | 55.110 | 100.00 | 120.000 | -6.000            | -60.000            |
| Puncak | 41.910 | 100.00 | 60.000  | -3.000            | -30.000            |

**Tabel 4.10.** kombinasi Pembebanan Kuda-kuda

| Kombinasi Beban   |   | (kg)      |
|---|---|-----------|
| 1) 1,4 D  |   |           |
| <i>Tepi</i>   | 1.4 x 55.110                                | = 77.154  |
| <i>Tengah</i>   | 1.4 x 55.110                                | = 77.154  |
| <i>Puncak</i>   | 1.4 x 41.910                                | = 58.674  |
| 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)                                |   |           |
| <i>Tepi</i>   | 1.2 x 55.110 + 0.5 x 120.000                | = 126.132 |
| <i>Tengah</i>   | 1.2 x 55.110 + 0.5 x 120.000                | = 126.132 |
| <i>Puncak</i>   | 1.2 x 41.910 + 0.5 x 60.000                 | = 80.292  |
| 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W)                      |   |           |
| <i>Tepi</i>   | 1.2 x 55.110 + 1.6 x 120.000 + 0.8 x 54.000 | = 301.332 |
| <i>Tengah</i>   | 1.2 x 55.110 + 1.6 x 120.000 + 0.8 x 54.000 | = 301.332 |
| <i>Puncak</i>   | 1.2 x 41.910 + 1.6 x 60.000 + 0.8 x 27.000  | = 167.892 |
| 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)                        |   |           |
| <i>Tepi</i>   | 1.2 x 55.110 + 1.3 x 54.000 + 0.5 x 120.00  | = 196.332 |
| <i>Tengah</i>   | 1.2 x 55.110 + 1.3 x 54.000 + 0.5 x 120.00  | = 196.332 |
| <i>Puncak</i>   | 1.2 x 41.910 + 1.3 x 27.000 + 0.5 x 60.000  | = 115.392 |
| 5) 1,2 D Tidak dihitung karena pasti lebh kecil           |   |           |
| 6) 0,9 D ± (1,3 W) Tidak dihitung karena pasti lebh kecil |   |           |

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 3.

#### 4.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode *Load and Resistance Factor Design*

##### (LRFD)

##### 4.4.1 Perhitungan Momen Portal *Gable Frame*

Perhitungan Momen digunakan program bantu SAP2000 untuk mendapatkan nilai-nilai momen struktur *gable frame* yang diakibatkan beban mati termasuk berat sendiri, beban hidup, beban air hujan, dan beban angin dengan menggunakan profil WF.

##### 4.4.2 Perhitungan Balok Kolom Profil WF

##### 1. Perhitungan Tekan

Dengan menggunakan program bantu SAP2000.

Dicoba dengan menggunakan profil WF 300.200.9.14, didapat :

$$Nu = 5532.25 \text{ kg}$$

$$Mu = 17362.59 \text{ kg.m}$$

$$Vu = 4340.68 \text{ kg}$$

Dengan syarat rasio tegangannya adalah  $< 1$

Didapat nilai rasio Tegangan sebesar  $= 1.19 > 1$

( Tidak Aman)

(Perhitungan dapat dilihat di lampiran)

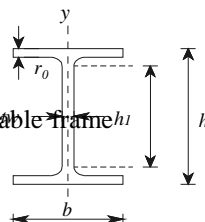
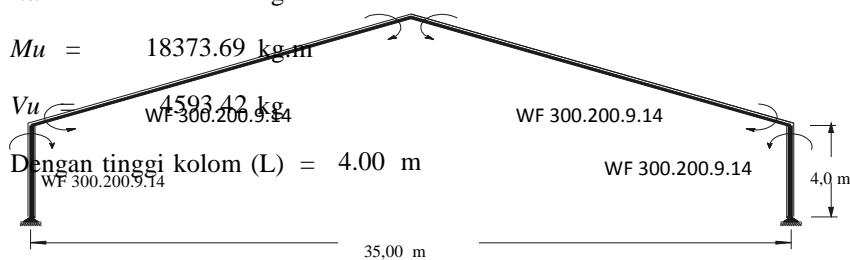
Sehingga dibutuhkan dimensi yang lebih besar dan dipakai profil WF 300.200.9.14, didapat :

$$Nu = 5862.75 \text{ kg}$$

$$Mu = 18373.69 \text{ kg.m}$$

$$Vu = 4593.42 \text{ kg}$$

Dengan tinggi kolom (L) = 4.00 m



Gambar 4.24. Portal Gable Frame

Dicoba dengan profil WF 300.200.9.14

Profil baja menggunakan BJ 37.

$$F_y = 240.00 \text{ MPa}$$

$$F_u = 340.00 \text{ MPa}$$

Data profil :

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$r_x = 126.0 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$r_y = 47.7 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

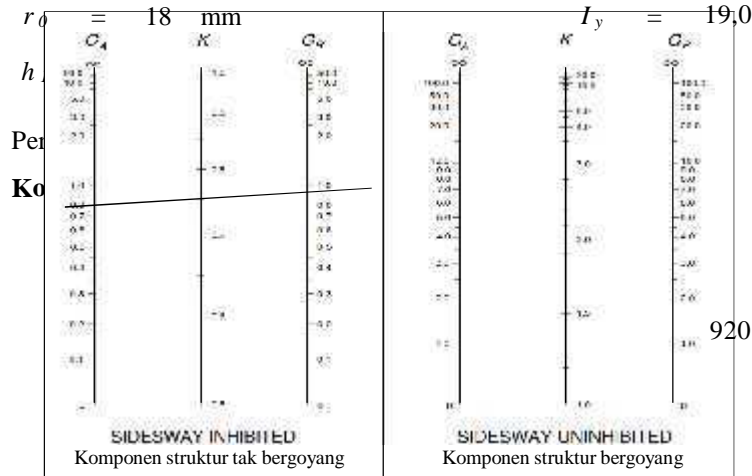
$$A_g = 8336 \text{ mm}^2$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$I_x = 133,000,000.0 \text{ mm}^4$$

$$r_o = 18 \text{ mm}$$

$$I_y = 19,000,000.0 \text{ mm}^4$$



(Sumber; AISC, LRFD; Manual Of Steel Counstraction, second edition; Column Design 3-6)

**Gambar 4.26.** Monogram faktor panjang tekuk

Dari nomogram didapat nilai  $k$  faktor panjang tekuk

$$k = 0.76$$



Periksa kelangsingan penampang kolom

$$\text{Flens} \quad \frac{(b/2)}{t_f} = \frac{(200 / 2)}{14} = 7.143$$

$$r = \frac{250}{f_y} = \frac{250}{240} = 16.137 \quad (\text{ref. SNI 03-1729-2002. hal. 30-31})$$

$$\frac{(b/2)}{t_f} < r \quad \dots \text{OK}$$

$$\text{Web} \quad \frac{h}{t_w} = \frac{300}{9} = 33.333$$

$$r = \frac{665}{f_y} = \frac{665}{240} = 42.926 \quad (\text{ref. SNI 03-1729-2002. hal. 30-31})$$

$$\frac{h}{t_w} < r \quad \dots \text{OK}$$

### Aksi Tekan

Kelangsingan pada arah sumbu bahan.

$$x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} ; \quad y = \frac{k \cdot L_y}{r_y}$$

dimana :  $L_x, L_y$  = panjang komponen struktur tekan arah  $x$  dan arah  $y$

$k$  = faktor panjang tekuk

$r_x, r_y$  = jari-jari girasi komponen struktur

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 61)

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{0.76 \times 4000.0}{126.00} = 24.127$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{0.76 \times 4000.0}{47.70} = 63.732$$

$$c = \frac{k_x \cdot L_x}{E} \cdot \frac{f_y}{3.142} = \frac{24.127}{210,000} \cdot \frac{240.0}{3.142} = 0.260$$

Besarnya ditentukan nilai  $c$ .

$$c < 0,25 \quad \text{maka} \quad = 1$$

$$0,25 < c < 1,2 \quad \text{maka} \quad = \frac{1.43}{1,6 - 0.670 \cdot c}$$

$$c > 1,2 \quad \text{maka} \quad = 1,25 \cdot c^2$$

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57*)

$$\sqrt{\frac{1.43}{1.6 - 0.67 \cdot c}} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \cdot 0.25} = 1.003$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\sqrt{c}}$$

$$= 8336 \times \frac{240.00}{1.003} = 199,511.403 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{c \cdot N_n} = \frac{5,862.750}{0.85 \times 199,511.40} = 0.035 < 0.2$$

(Sumber; *SNI 03-1729-2002. hal. 24 pasal. 7.4.3.3*)

## 2. Perhitungan Lentur

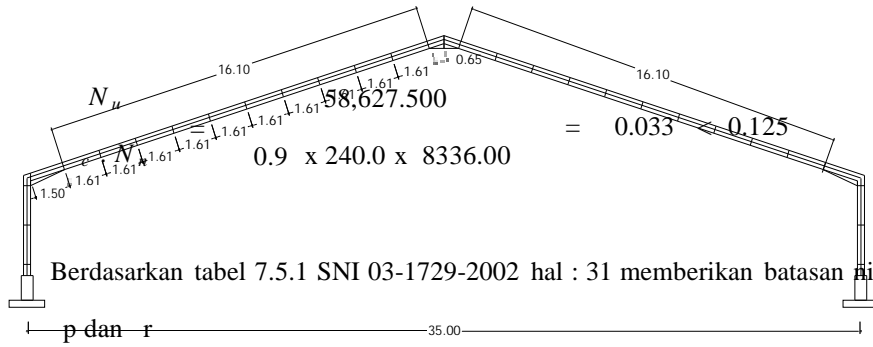
Periksa kelangsingan penampang

$$\frac{(b/2)}{t_f} = \frac{(200 / 2)}{14} = 7.143 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$p = \frac{170}{f_y} = \frac{170}{240} = 0.708 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{ref. SNI 03-1729-2002. hal. 30-31})$$

$$\frac{(b/2)}{t_f} < p \quad \dots \text{Kompak}$$

$$\sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$



Berdasarkan tabel 7.5.1 SNI 03-1729-2002 hal : 31 memberikan batasan nilai untuk

$$\text{untuk } \frac{N_u}{c \cdot N_n} < 0,125, \quad p = \frac{1680}{f_y} \left( 1 - \frac{2,75 \cdot N_u}{b \cdot N_y} \right)$$

$$\text{untuk } \frac{N_u}{c \cdot N_n} > 0,125, \quad p = \frac{500}{f_y} \left( 2,33 - \frac{N_u}{b \cdot N_y} \right)$$

$$p = \frac{1680}{240} \left( 1 - \frac{2,75 \cdot 58,627.75}{b \cdot N_y} \right) = 98.706$$

$$= \frac{h/t_w}{\sqrt{236/9}} = 26.222 < 98.706 \quad \text{Kompak}$$

#### Aksi Lentur

$$L_p = \frac{790}{f_y} \cdot r_y = \frac{790}{240} \times 47.70 = 2432.427 \text{ mm}$$

Jadi perlu dipasang pengaku dengan jarak kurang dari  $L_p = 2.432 \text{ m}$   
sebesar = 1.61 m

**Gambar 4.27.** Jarak Pengaku Pada Balok

$$L_r = r_y \cdot \frac{X_1}{f_y - f_r} \cdot \frac{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}{2}$$

$$J = \frac{1}{3} [ 2 (250) (14)^3 ] + [ 350 (9)^3 ]$$

$$= 584566.667 \text{ mm}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{h / 2}$$

$$= \frac{133,000,000.0}{300.00 / 2}$$

$$X_1 = \frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{S_x^2 \left( \frac{3.142}{2.0 \times 10^5} \right)^2 \cdot 8 \times 10^4 \cdot 584566.667 \cdot 8336.0}$$

$$= \frac{886667}{22,122.304 \text{ MPa}}$$

$$X_2 = 4 \cdot \frac{S_x}{G \cdot J} \cdot \frac{C_w}{I_y}$$

$$C_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{(1/12 \times 14 \times 350^3) \times 236.0^2}{2}$$

$$= 259,914,666,666.667 \text{ mm}^6$$

$$X_2 = 4 \cdot \frac{886666.67}{8 \times 10^4 \cdot 712483.33} \cdot \frac{259,914,666,666.67}{19,000,000.000}$$

$$= 0.00001967 \text{ mm}^4 / \text{N}^4$$

$$L_r = 47.7 \times \frac{22122.3}{240 - 70} \cdot \frac{1 + \sqrt{1 + 0.00003759 (290 - 70)^2}}{2}$$

$$= 23,257.374 \text{ mm}$$

$$L_p (2.432 \text{ meter}) > L (1.61 \text{ meter}) < L_r (23.26 \text{ meter})$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 1280.0 \times 2400$$

$$= 3,072,000.00 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
\frac{M_r}{S_x} &= \frac{S_x (f_y - f_r)}{886.667} \times (2400.0 - 700.0) \\
&= 1,507,333.33 \text{ kg.cm} \\
M_n &= C_b \left( \frac{M_r + (M_p - M_r)}{L_r - L_p} \right) \left( \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right) M_p \\
&= 1 \cdot 1,507,333 + \left( \frac{3,072,000 - 1,507,333}{23.26 - 2.432} \right) (23.26 - 1.16) \\
&= 3,133,792.446 \text{ kg.cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b \cdot M_{nx} &= 0.9 \times 3,133,792.446 \\
&= 2,820,413.20 \text{ kg.cm}^2
\end{aligned}$$

#### Perbesaran Momen ( $b$ )

Untuk menghitung (  $b$  ) diperlukan rasio kelangsingan dari portal.

$$\begin{aligned}
\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} &= \frac{0.76 \times 4000.0}{126.00} = 24.127 \\
C_m &= 0.6 - 0.4 (M_1/M_2) \\
&= 0.6 \\
N_{el} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{((kL)/r)^2} = \frac{3.14 \cdot 200000 \times 8,336}{582.111} \\
&= 899,769.976 \text{ kg} \\
N_u &= 5862.75 \text{ kg} \\
b &= \frac{C_m}{1 - (N_u/N_{el})} = \frac{0.6}{1 - (5862.75 / 899,769.98)} \\
&= 0.604 < 1.0
\end{aligned}$$

Diambil (  $b$  ) sebesar 1,0

$$\begin{aligned}
M_{ux} &= b \cdot M_{ntu} \\
&= 1.0 \cdot 21252.120 \\
&= 21252.12 \text{ kg.m} \\
&= 2125212.000 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{2 \cdot N_n} + \frac{M_{ux}}{b \cdot M_{nx}} \leq 1$$

$$0.062 + \frac{2125212.00}{2820413.201} \leq 1 = \mathbf{0.816} \leq \mathbf{1.0}$$

Jadi profil WF : 300.200.9.14 mencukupi untuk memikul beban sesuai dengan LRFD.

### Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-1 batasan lendutan maksimum adalah :

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{1840.0}{240} = 7.667 \text{ cm}$$

Lendutan maksimum yang didapat dari perhitungan program bantu SAP2000

sebesar = 4.416 cm

|            |            |    |
|------------|------------|----|
| $f_{ijin}$ | $f_{maks}$ |    |
| 7.667 cm   | 4.416 cm   | OK |

## 4.5 Perhitungan Sambungan Untuk Metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

### 4.5.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF

Data Perencanaan profil WF

Balok WF

Tinggi balok (d) = 300 mm

Lebar balok (b) = 200 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm

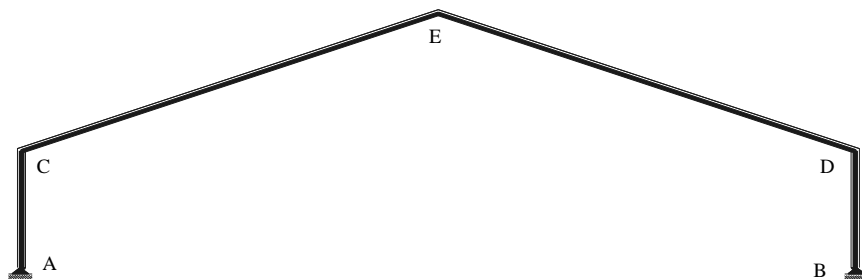
Kolom WF

Tinggi kolom (d) = 300 mm

Lebar kolom (b) = 200 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm



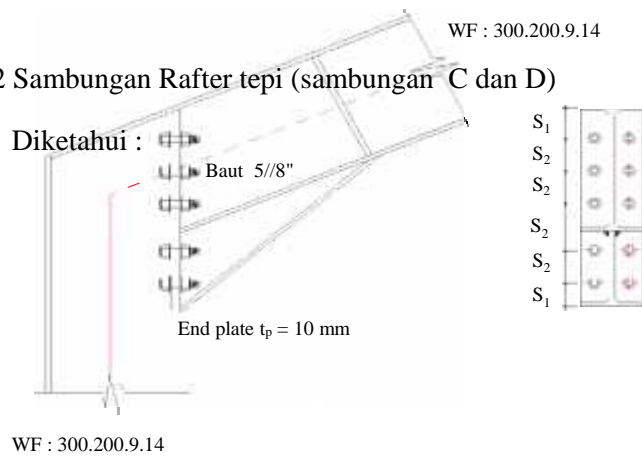
**Gambar 4.28.** Penamaan sambungan

Sambungan C = Sambungan D ( Rafter kolom balok )

Sambungan E ( Rafter balok balok )

Sambungan A = Sambungan B ( Base plate )

#### 4.5.2 Sambungan Rafter tepi (sambungan C dan D)



$S_1$  = Jarak tepi baut

$S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 4.29.** Skema Penyambungan kolom balok

$$N_u = 5862.75 \text{ kg}$$

$$M_u = 18373.69 \text{ kgm}$$

$$V_u = 4593.42 \text{ kg}$$

Digunakan baut diameter 5/8"

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tarik baut } (f_u^b) &= 310 \text{ Mpa} \\ &= 3100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik pelat } (f_y) &= 240 \text{ Mpa} \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter baut} = 5/8" = 1.588 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut } (A_b) &= 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \\ &= 1.979 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



Kuat nominal penyambung terhadap geser (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} {}_f V_n &= {}_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0.75 \cdot 0.40 \cdot 3100.00 \cdot 1.979 \\ &= 1840.773 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} {}_f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ r_1 &= \text{Untuk baut dengan tegangan ulir pada bidang geser (0,4)} \\ f_u^b &= \text{Tegangan tarik putus baut} \\ A_b &= \text{Luas penampang baut} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tarik (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} {}_f T_n &= {}_f \cdot (0.75 \cdot f_u^b) \cdot A_b \\ &= 0.75 \cdot (0.75 \cdot 3100.00) \cdot 1.979 \\ &= 3451.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tumpu (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

Tebal plat penyambung  $t_p = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} {}_f R_n &= 2.0 \cdot {}_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_y \\ &= 2.0 \cdot 0.75 \cdot 1.588 \cdot 1.0 \cdot 2400 \\ &= 5715.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} {}_f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ d_b &= \text{Diameter baut nominal pada daerah tak berulir} \\ t_p &= \text{Tebal plat penyambung} \\ f_y &= \text{Tegangan tarik pelat} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil adalah akibat geser sebesar  $= 1840.773 \text{ kg}$

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{R_n} \\
 &= \frac{4593.420}{1840.773} \\
 &= 2.495 \text{ buah} \quad 3 \text{ buah baut}
 \end{aligned}$$

Diambil = 10 buah baut

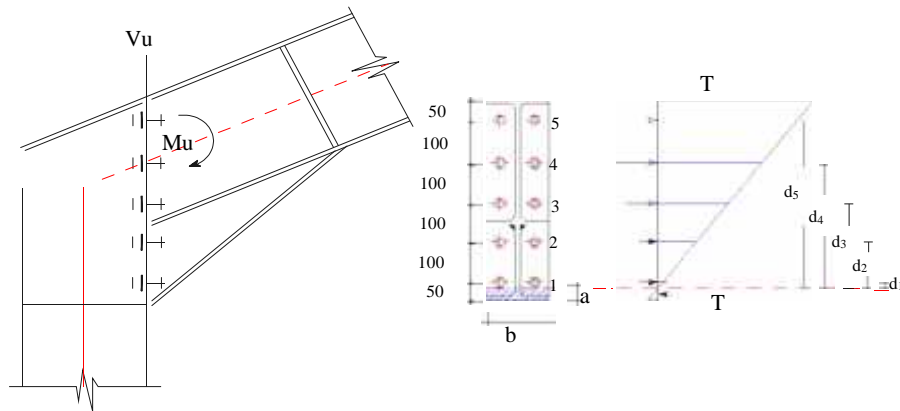
$$\begin{aligned}
 f_{uv} &= \frac{V_u}{n \cdot A_b} \quad r_1 \cdot f \cdot f_u^b \cdot m \\
 &= \frac{4593.420}{10 \cdot 1.979} \quad 1.9 \cdot 0.75 \cdot 3100.0 \cdot 1 \\
 &= 232.070 \text{ kg/cm}^2 \quad 4417.500 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$r_1$  = Untuk baut dengan ulir pada bidang geser = (1,9)

$m$  = Jumlah bidang geser = 1

$$\begin{aligned}
 f T_n &= f \cdot f_u^b \cdot A_b \quad \frac{V_u}{n} \\
 &= 0.75 \cdot 3100.0 \cdot 1.979 \quad \frac{4593.420}{10} \\
 &= 4601.933 \text{ kg} \quad 459.342 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.30.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 3 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= \frac{1,5 \cdot 1,588}{1} = 2,38 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimal} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
 \text{Diambil jarak tepi baut} &= 5,00 \text{ cm} \\
 \\ 
 \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b - 7 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimal} &= 7 \cdot 1,588 = 11,11 \text{ cm} \\
 \text{Jarak antar lubang baut} &= 10,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \\
 &= \frac{0,75 \cdot 3100 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 1,979}{2400 \times 20,00} \\
 &= 0,959 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

Jarak ( $d_i$ )

$$d_1 = 4.041 \text{ cm} \quad d_4 = 29.041 \text{ cm}$$

$$d_2 = 14.041 \text{ cm} \quad d_5 = 34.041 \text{ cm}$$

$$d_3 = 24.041 \text{ cm}$$

$$d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5$$

$$d_i = 105.206 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b \cdot (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) \\ &= 0,75 \cdot 3100 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 1.979 \cdot 105.206 \\ &= 4.841.524.509 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{0,9 \cdot 2400 \cdot 0,959^2 \cdot 20}{2} + 4.841.524.509 \\ &= 4.861.378.686 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

|            |       |            |                |
|------------|-------|------------|----------------|
|            | $M_n$ | $M_u$      |                |
| 48,613.787 | kg.m  | 18,373.690 | kg.m <b>OK</b> |

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 55 - 1,6 = 53,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 10 mm

$$\begin{aligned} t_e &= 0,707 \cdot a \\ &= 0,707 \cdot 10 \\ &= 7,070 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} .R_{nw} &= .t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot (7,070) \cdot (0,600 \times 370) \\ &= 1177,155 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks. } .R_{nw} &= .t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,75 \cdot (55) \cdot (0,6 \times 240) \\ &= 5940,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \cdot (91,87) + 1,6 \cdot (91,87) \\ &= 257,232 \text{ ton} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{257,232 \times 10^4}{1177,155} \\ &= 2185,197 \text{ mm} \quad 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan sambungan dititik C dan D

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada plat badan

$$\begin{aligned} \tau_v &= V_u / (t_w \cdot d_{\text{balok}} \cdot d_{\text{kolom}}) \\ &= 459,342.000 / (0.9 \cdot 30 \cdot 30) \\ &= 567.089 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan geser yang diijinkan pada plat badan

$$\begin{aligned} \tau_v &= 0,6 \cdot f_y \\ &= 0.6 \cdot 2,400.00 \\ &= 1,440.000 \end{aligned}$$

|                            |                              |    |
|----------------------------|------------------------------|----|
| $\tau_v$                   | $\tau_v$                     |    |
| 567.089 kg/cm <sup>2</sup> | 1,440.000 kg/cm <sup>2</sup> | OK |

Besarnya tebal plat badan yang diperlukan

$$\begin{aligned} t_{wt} &= \frac{V_u \cdot \sqrt{3}}{f_y \cdot d_{\text{balok}} \cdot d_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{459,342.000 \cdot \sqrt{3}}{2,400.00 \cdot 30 \cdot 30} \\ &= 0.368 \end{aligned}$$

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| $t_{wt}$ | $t_w$  |    |
| 0.368 cm | 0.9 cm | OK |

Kontrol web crippling (lipatan pada plat badan)

Kondisi dimana tanpa penumpu dihitung berdasarkan momen nominal.

$$M_n = 2,820,413.201 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} P_u &= (8 \cdot M_n) / 2L \\ &= (8 \cdot 2,820,413.201) / (2 \cdot 1840) \\ &= 6131.137 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku) = 0 mm

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{f_y \cdot t_f}{t_w} 0,68 t_w^2 (1 + 3 (N/d) \cdot (t_w/t_f)^{1,5}) \\
 &= 0,75 \cdot 0,68 \cdot 12^2 (1 + 3 (0/300) \cdot (9/14)^{1,5}) \frac{240 \cdot 14}{9} \\
 &= 32.640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_n > P_u$$

$$32.640 \text{ kg} > 6131.137 \text{ kg} \quad \mathbf{NO}$$

Maka harus di pengaku pada sambungan

Dicoba tanpa pengaku, N = 1500 mm

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{f_y \cdot t_f}{t_w} 0,68 t_w^2 (1 + 3 (N/d) \cdot (t_w/t_f)^{1,5}) \\
 &= 0,75 \cdot 0,68 \cdot 14^2 (1 + 3 (200/300) \cdot (8/14)^{1,5}) \frac{240 \cdot 14}{9} \\
 &= 6.212.466 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

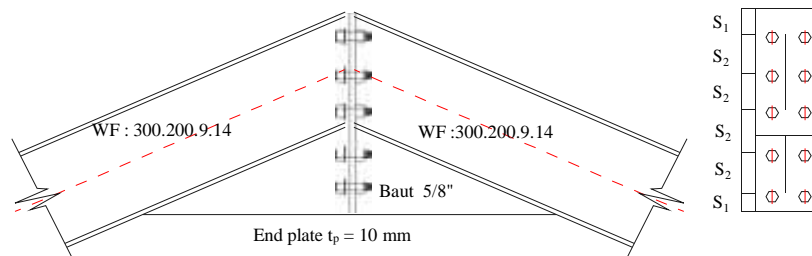
$$P_n > P_u$$

$$6.212.466 \text{ kg} > 6131.137 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.5.2 Perhitungan Sambungan Rafter Puncak

##### Sambungan Rafter puncak (sambungan E)

Diketahui :



$S_1$  = Jarak tepi baut

$S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 4.31.** Skema Penyambungan balok balok

$$V_u = 4593.420 \text{ kg}$$

$$M_u = 18373.69 \text{ kgm}$$

$$T_u = 5862.750 \text{ kg}$$

Digunakan baut diameter 5/8"

$$\text{Kekuatan tarik baut } (f_u^b) = 310 \text{ Mpa}$$

$$= 3100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tegangan tarik Pelat } (f_y) = 240 \text{ Mpa}$$

$$= 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter baut} = 5/8" = 1.588 \text{ cm}$$

$$\text{Luas penampang baut } (A_b) = 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.588^2$$

$$= 1.979 \text{ cm}^2$$



Kuat nominal penyambung terhadap tarik (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} f T_n &= f \cdot (0,75 \cdot f_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \times 3100,00) \cdot 1,979 \\ &= 3451,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap geser (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} f V_n &= f \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,40 \cdot 3100,00 \cdot 1,979 \\ &= 1840,773 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

- $f$  = Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)
- $r_l$  = Untuk baut dengan tegangan ulir pada bidang geser (0,4)
- $f_u^b$  = Tegangan tarik putus baut

Kuat nominal penyambung terhadap tumpu (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

Tebal plat penyambung  $t_p = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} f R_n &= 2,0 \cdot f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2 \cdot 0,75 \cdot 1,588 \cdot 1,0 \cdot 2400,000 \\ &= 5715,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

- $f$  = Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)
- $d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir
- $t_p$  = Tebal plat penyambung
- $f_y$  = Tegangan tarik pelat

Diambil yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 1840,773 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{R_n} \\
 &= \frac{4593.420}{1840.773} \\
 &= 2.495 \text{ buah} \quad \quad \quad 5 \text{ buah baut}
 \end{aligned}$$

Diambil = 10 buah baut

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n \cdot A_b} \quad r1 \cdot f \cdot f_u^b \cdot m \quad (\text{ref : 2.7.1.16})$$

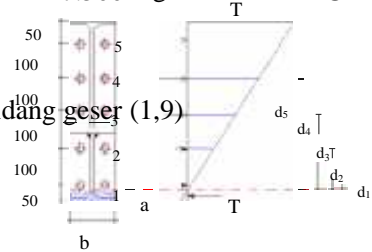
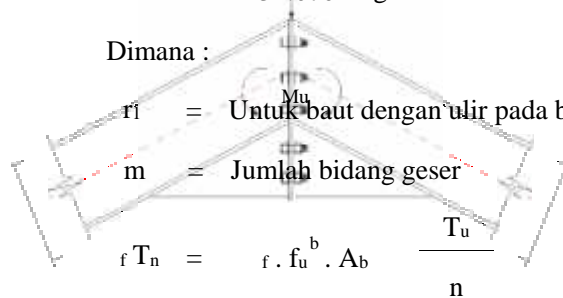
$$\begin{aligned}
 &= \frac{4593.420}{10 \cdot 1.979} \quad 1.9 \cdot 0.75 \cdot 3100.0 \cdot 1 \\
 &= 232.070 \text{ kg/cm}^2 \quad \quad \quad 4417.500 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**OK**

Dimana :

$r1$  = Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (1,9)

$m$  = Jumlah bidang geser



$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \cdot 3100 \cdot 1.979 \quad \quad \quad \frac{5862.750}{10}
 \end{aligned}$$

$$= 4601.933 \text{ kg} \quad \quad \quad 586.275 \text{ kg} \quad \quad \quad \mathbf{OK}$$

**Gambar 4.32.** Diagram tegangan baut

$$\text{Jarak tepi baut diambil} = 1,5 d_b - 3 d_b$$

$$\text{Jarak minimal} = 1,5 \cdot 1,588 = 2,38 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimal} = 3,0 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil jarak tepi baut} = 5,00 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar lubang baut} = 3 d_b - 7 d_b$$

$$\text{Jarak minimal} = 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimal} = 7 \cdot 1,588 = 11,11 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar lubang baut} = 10,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \\ &= \frac{0,75 \cdot 3100,0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,979}{2400 \times 20,00} \\ &= 1,917 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

Jarak ( $d_i$ )

$$d_1 = 3,083 \text{ cm} \qquad d_4 = 28,083 \text{ cm}$$

$$d_2 = 13,083 \text{ cm} \qquad d_5 = 33,083 \text{ cm}$$

$$d_3 = 23,083 \text{ cm}$$

$$d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5$$

$$d_i = 100,413 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b \cdot (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) \\ &= 0,75 \cdot 3100,0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,979 \cdot 100,413 \\ &= 9,241,845,08 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{0.9 \cdot 2400.0 \cdot 1.917^2 \cdot 20}{2} + 9241845.085 \\
 &= 9,321,261.793 \text{ kg.cm} \\
 \frac{M_n}{93,212.618 \text{ kg.m}} &\quad \frac{M_u}{18,373.690 \text{ kg.m}} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 55 - 1,6 = 53.4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 10 mm

$$\begin{aligned}
 t_e &= 0.707 \cdot a \\
 &= 0.707 \cdot 10 \\
 &= 7.070 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned}
 .R_{nw} &= .t_e \cdot (0.60 \cdot f_{uw}) \\
 &= 0.75 (7.070) (0.60 \times 370) \\
 &= 1177.155 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai maks. } .R_w &= .t \cdot (0.60 \cdot f_u) \\
 &= 0.75 (55) (0.6 \times 240) \\
 &= 5940.000 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

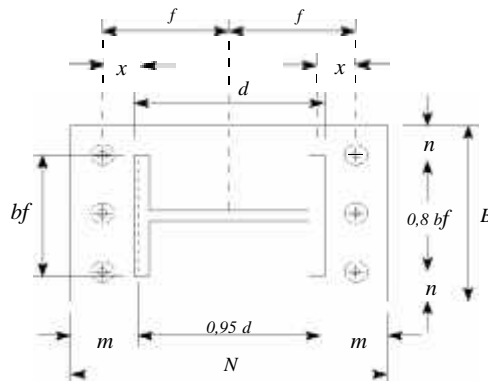
$$\begin{aligned}
 T_u &= 1,2D + 1,6L \\
 &= 1.2 (91.868) + 1.6 (91.868) \\
 &= 257.232 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

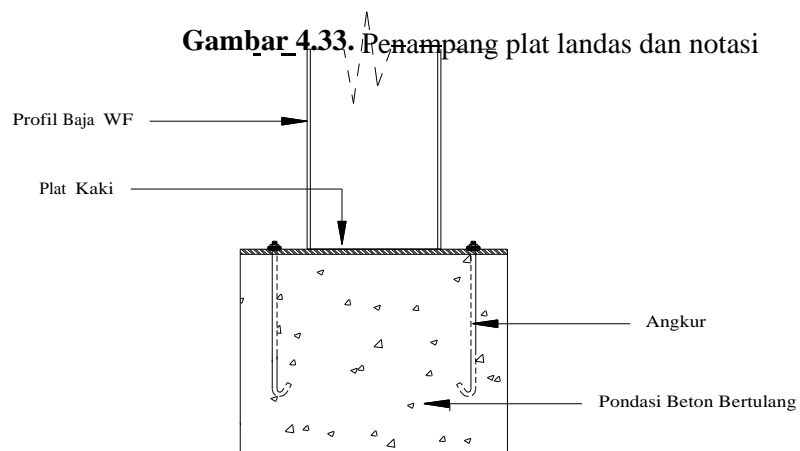
$$\begin{aligned}
 L_w &= \frac{257.232 \times 10^4}{1177.155} \\
 &= 2185.197 \text{ mm} \quad 2200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.6 Perhitungan Plat Landas

$$\begin{aligned}
 \text{Pondasi beton} &= 30 \times 50 \text{ cm} \\
 f_c' &= 25 \text{ Mpa} \\
 P_u &= 5862.75 \text{ kg} \\
 V_u &= 4593.420 \text{ kg} \\
 R_H &= 4593.420 \text{ kg} \\
 f_y &= 2400 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.33.** Penampang plat landas dan notasi



**Gambar 4.34.** Pondasi dengan angkur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(N - 0,95 \cdot d)}{2} \\
 &= \frac{50 - 0,95 \times 30}{2} \\
 &= 10.750 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{(B - 0,8 \cdot bf)}{2} \\
 &= \frac{30 - 0,80 \times 20}{2} \\
 &= 7.000 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{m}{2} = \frac{10.750}{2} \\
 &= 5.375 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{d}{2} + x \\
 &= \frac{30}{2} + 5.375 \\
 &= 20.38 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Tekan

$$\begin{aligned}
 A_1 &= B \cdot N \\
 &= 30 \times 50 \\
 &= 1500.000 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_p &= 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\
 &= 0,85 \cdot 25 \cdot 1500 \cdot \frac{1500}{1500} = 31,875.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= c \cdot P_p \\
 5,862.750 &= 0,6 \times 31,875.000 \\
 5,862.750 &= 19,125.000 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Untuk angkur tipe A325 :  $n = 6$  Buah angkur

Diameter baut  $= 3/4" = 1,91 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot 1,91^2 \\
 &= 2.850 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$F_v = 414 \text{ Mpa}$$

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b}$$

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{4593.420}{6.000} = 765.570 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{765.570}{2.850} = 268.599$$

$$F_v \cdot A_b = 0.75 \times 414 \times 2.850 = 884.996 \text{ kg}$$

$$\frac{V_{ub}}{765.570 \text{ kg}} \leq \frac{F_v \cdot A_b}{884.996 \text{ kg}} \quad \text{OK}$$

Perehitungan tebal plat dasar :

$$t_{\text{perlu}} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot N \cdot f_y}}$$

$$= 1,49 \times 10.75 \cdot \sqrt{\frac{5,862.750}{3,600,000.0}} = 0.646 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai tebal} = 1.000 \text{ cm}$$

Desain panjang angkur yang diperlukan

$$L_{\min} = \frac{f_y}{(4 \cdot f_c')} \times d_b$$

$$= \frac{240}{(4 \cdot 25)} \times 19.050 = 229 \text{ mm}$$

$$\text{Maka dipasang panjang angkur } L = 250.000 \text{ mm}$$

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las untuk tebal plat lebih dari 6,4 mm :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 10 - 1,6 = 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 8 mm

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$= 0,707 \cdot 8$$

$$= 5,656 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 8 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &= \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,65 \cdot (7,070) \cdot (0,60 \times 370) \\ &= 1020,201 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks. } \cdot R_{nw} &= \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,80 \cdot (10) \cdot (0,6 \times 240) \\ &= 1152,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \cdot (91,868) + 1,6 \cdot (91,868) \\ &= 257,232 \text{ ton} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{257,232 \times 10^4}{1020,201} \\ &= 2521,381 \text{ mm} \quad 2550 \text{ mm} \end{aligned}$$



## 5.7 Perhitungan Berat Struktur

**Tabel 5.6** Perbandingan berat struktur

| <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> |        |                 |                        |                       |                         |                   |
|--------------------------------------|--------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| No                                   | Profil | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg)     |
| 1                                    | Balok  | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 18.401                | 2.000                   | 2933.054          |
| 2                                    | Kolom  | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 4.000                 | 2.000                   | 637.600           |
| <b>Jumlah berat</b>                  |        |                 |                        |                       |                         | <b>= 3570.654</b> |

| <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> |        |                 |                        |                       |                         |                      |
|---|--------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| No  | Profil | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg)        |
| 1   | Balok  | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 18.401                | 2.000                   | 2406.797             |
| 2   | Kolom  | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 4.000                 | 2.000                   | 523.200              |
| <b>Jumlah berat</b>                             |        |                 |                        |                       |                         | <b>= 2929.997 kg</b> |

Diketahui Berat Metode ASD = 3570.654 kg

Berat Metode LRFD = 2929.997 kg

Selisih Berat = 640.657 kg

Prosentase selisih berat baja dari kedua metode :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{640.66}{2929.997} \times 100\% \\
 &= 21.865 \%
 \end{aligned}$$

| <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> |                 |                        |                       |                         |                   |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Profil                               | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg)     |
| Balok                                | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 18.401                | 2.000                   | 2933.054          |
| Kolom                                | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 4.000                 | 2.000                   | 637.600           |
| <b>Jumlah berat</b>                  |                 |                        |                       |                         | <b>= 3570.654</b> |

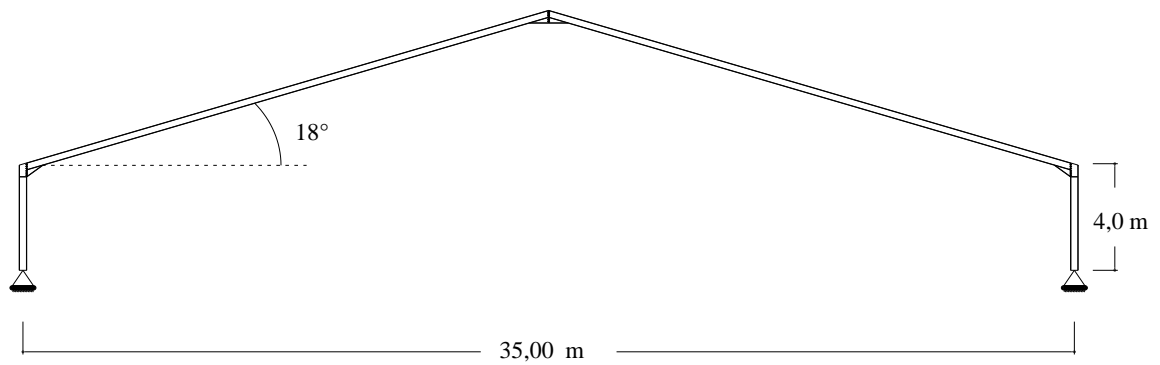
| <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> |                 |                        |                       |                         |                      |
|---|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| Profil  | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg)        |
| Balok   | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 18.401                | 2.000                   | 2406.797             |
| Kolom   | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 4.000                 | 2.000                   | 523.200              |
| <b>Jumlah berat</b>                             |                 |                        |                       |                         | <b>= 2929.997 kg</b> |

**BAB IV**  
**PERHITUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME METODE LRFD**  
*(Load and Resistance Factor Design)*

**4.1 Data Perencanaan**

|                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Bentang Kuda-Kuda           | : 35.00 meter                     |
| Jenis Atap                  | : Zincalume CD 760 (12 m x 1,9 m) |
| Berat Atap                  | : 4.00 kg/m <sup>2</sup>          |
| Jarak antar kuda-kuda       | : 6.00 meter                      |
| Jumlah Medan                | : 8 medan                         |
| Profil Gording direncanakan | : C : 150 . 50 . 20 . 2,3         |
| Tinggi Kolom                | : 4.00 meter                      |
| Kemiringan atap             | : 18 °                            |
| Jenis Bangunan              | : Pasar                           |
| Mutu Baja BJ 37             | : 240.00 MPa                      |

## 4.2 Panjang Balok Kuda-kuda



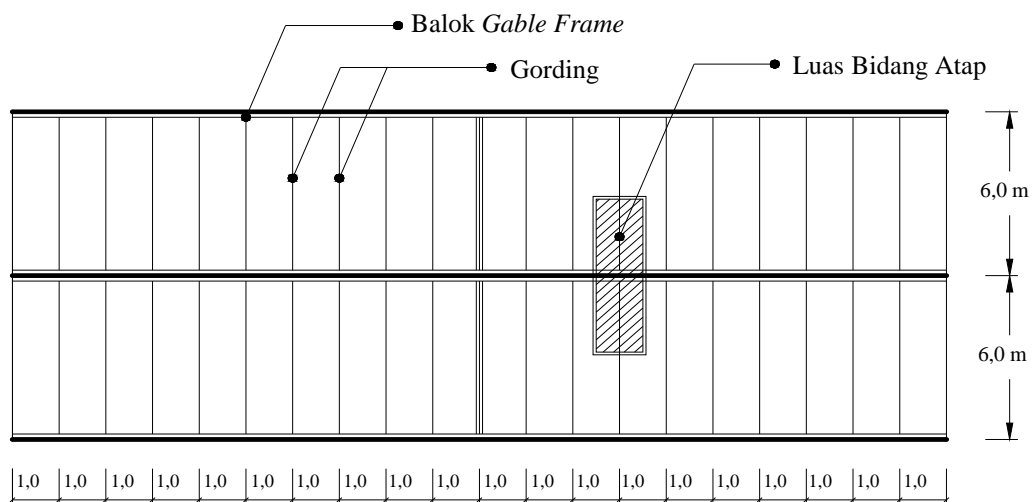
**Gambar 4.1.** Struktur Portal *Gable Frame*

Panjang balok kuda-kuda :

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok} &= \frac{35 / 2}{\cos 18^\circ} = \frac{17.5}{\cos 18^\circ} \\ &= 18.40 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak antar gording :

$$\begin{aligned} l &= \frac{18.40}{18} \\ &= 1.022 \text{ m} \longrightarrow 1.00 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.** Denah Atap kuda-kuda

### 4.3 Pembebanan Pada Gording

#### 4.3.1 Beban Mati (*D*)

---

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| <b>Beban gording tepi</b> | <b>= 4.350 kg/m</b> |
|---------------------------|---------------------|

---

Beban atap : berat penutup atap x luas bidang atap

$$: 4 \times 1.00 \times 6.00 = 24.000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat gording : } 4.350 \times 6.00 = 26.100 \text{ kg} +$$

---


$$D = 50.100 \text{ kg}$$

$$\text{Beban alat penyambung } 10\% D = 5.010 \text{ kg} +$$

---

|                         |           |                    |
|-------------------------|-----------|--------------------|
| <b>Total beban mati</b> | <b>D1</b> | <b>= 55.110 kg</b> |
|-------------------------|-----------|--------------------|

---

---

#### **Beban gording tengah**

---

Beban atap : berat penutup atap x luas bidang atap

$$: 4 \times 1.00 \times 6.00 = 24.000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat gording : } 4.350 \times 6.00 = 26.100 \text{ kg} +$$

---


$$D = 50.100 \text{ kg}$$

$$\text{Beban alat penyambung } 10\% D = 5.010 \text{ kg} +$$

---

|                         |           |                    |
|-------------------------|-----------|--------------------|
| <b>Total beban mati</b> | <b>D2</b> | <b>= 55.110 kg</b> |
|-------------------------|-----------|--------------------|

---

---

#### **Beban gording puncak**

---

Beban atap : berat penutup atap x luas bidang atap

$$: 4 \times (1/2 \times 1.0) \times 6.00 = 12.000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat gording : } 4.350 \times 6.00 = 26.100 \text{ kg} +$$

---

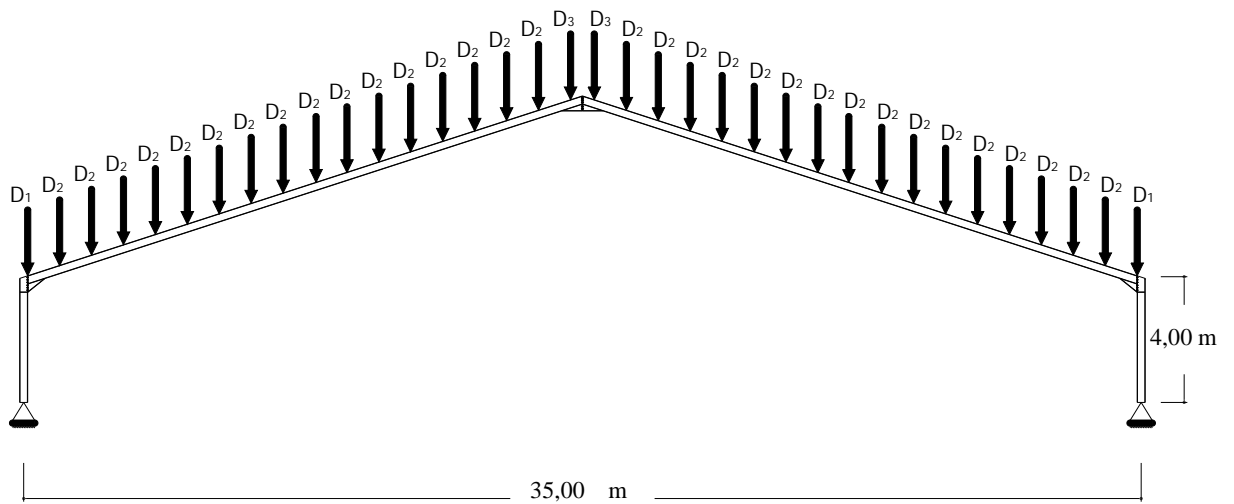

$$D = 38.100 \text{ kg}$$

$$\text{Beban alat penyambung } 10\% D = 3.810 \text{ kg} +$$

---

|                         |           |                    |
|-------------------------|-----------|--------------------|
| <b>Total beban mati</b> | <b>D3</b> | <b>= 41.910 kg</b> |
|-------------------------|-----------|--------------------|

---



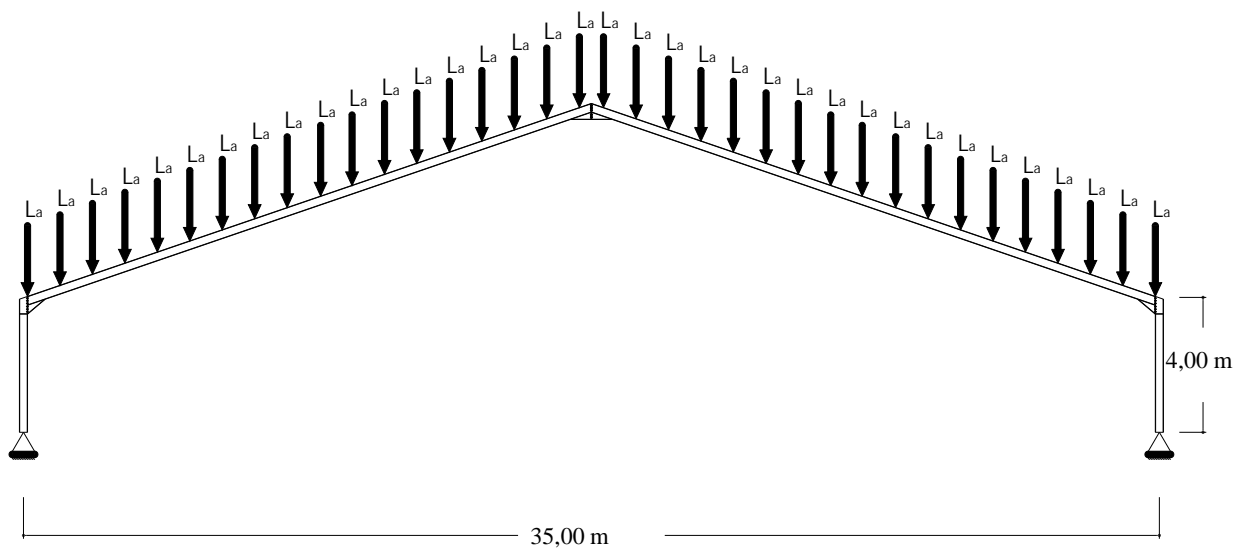
**Gambar 4.12.** Skema Pembebanan untuk beban mati

#### 4.3.2 Beban Hidup ( $L_a$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13.

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatan.

Beban ( $L_a$ ) : 100.00 kg



**Gambar 4.13.** Skema Pembebanan untuk beban Hidup

#### 4.3.3 Beban Angin (W)

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang di tinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>.

(Diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983; hal, 23)

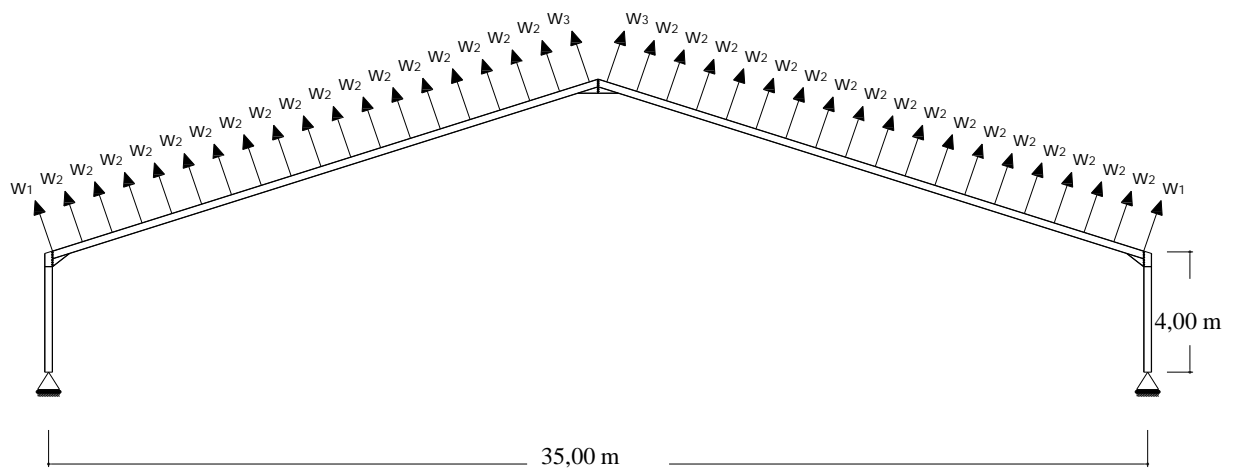
Tekanan angin minimum diambil sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

Untuk atap segitiga dengan sudut kemiringan :  $< 65^\circ$  : (0,02 . - 0,4)

$$\begin{aligned}\text{Angin tekan} &= \text{Koefisien angin tekan} \times \text{tekanan angin} \\ &= (0,02 . - 0,4) \times 25 \quad ; \quad = 18^\circ \\ &= -1,00 \quad \text{kg/m}^2 \\ W1 &= -1 . 1,00 \times 6,00 \\ &= -6,000 \quad \text{kg} \\ W2 &= -1 . 1,00 \times 6,00 \\ &= -6,000 \quad \text{kg} \\ W3 &= -1 . (1/2 \times 1) \times 6,00 \\ &= -3,000 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

Koefisien untuk angin hisap : (-0,4)

$$\begin{aligned}\text{Angin hisap} &= \text{Koefisien angin hisap} \times \text{tekanan angin} \\ &= -0,4 \times 25 \\ &= -10,00 \quad \text{kg/m}^2 \\ W1 &= -10,00 \times 1,00 \times 6,00 \\ &= -60,000 \quad \text{kg} \\ W2 &= -10,00 \times 1,00 \times 6,00 \\ &= -60,000 \quad \text{kg} \\ W3 &= -10,00 \times (1/2 \times 1) \times 6,00 \\ &= -30,000 \quad \text{kg}\end{aligned}$$



**Gambar 4.14.** Skema Pembebanan Akibat Angin

#### 4.3.4 Beban Air Hujan ( $R$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13-14.

Beban terbagi merata per  $m^2$  yang diakibatkan air hujan sebesar  $(40 - (0,8 \times \quad)) \text{ kg/m}^2$

Diambil tidak melebihi sebesar :  $2.00 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 H &= 40 - (0,8 \times \quad) && \text{Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia} \\
 &= 40 - (0.8 \times 18^\circ) && \text{untuk Gedung 1983, hal 14 beban air hujan} \\
 &= 25.60 \text{ kg/m}^2 && \text{tidak perlu diambil lebih besar dari } 20 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

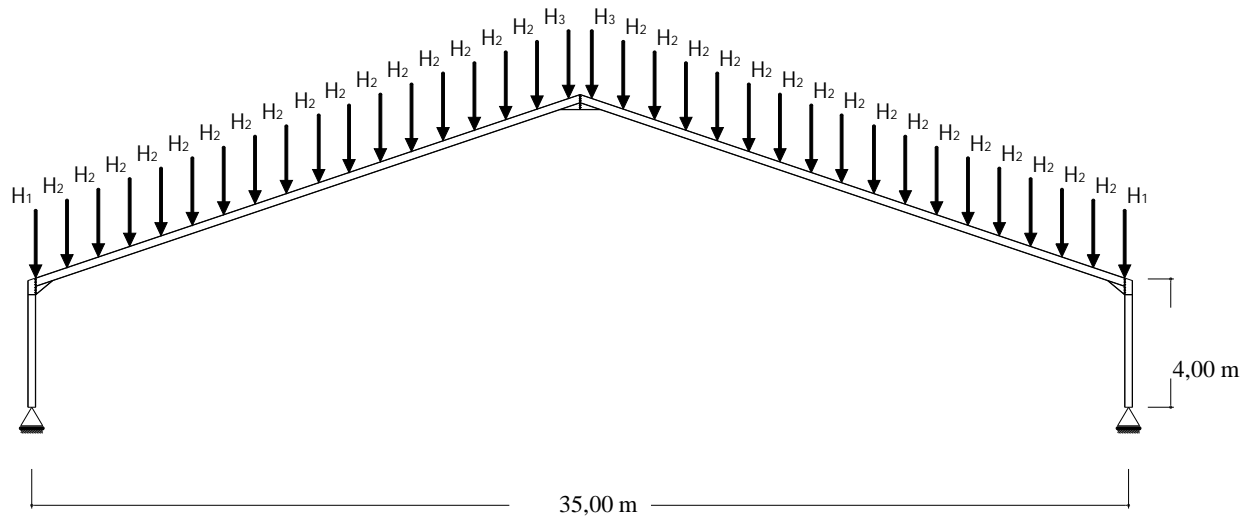
Jadi diambil nilai  $R$  :  $20.0 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 H1 &= 20.00 \cdot 1.00 \times 6.00 \\
 &= 120.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H2 &= 20.00 \cdot 1.00 \times 6.00 \\
 &= 120.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H3 &= 20.00 \cdot (1/2 \times 1) \times 6.00 \\
 &= 60.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

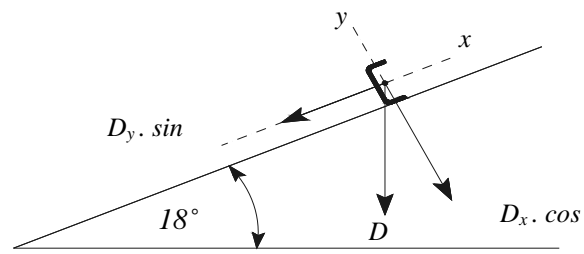




**Gambar 4.15.** Skema Pembebanan Akibat Air Hujan

#### 4.3.5 Penguraian Beban

##### 1 . Beban mati (D)



**Gambar 4.16.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban mati

$$Dx = D2 \cdot \cos$$

$$= 55.11 \times \cos 18^\circ$$

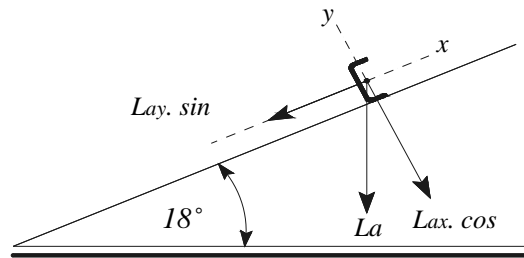
$$= 52.413 \quad \text{kg}$$

$$Dy = D2 \cdot \sin$$

$$= 55.11 \times \sin 18^\circ$$

$$= 17.030 \quad \text{kg}$$

## 2 . Beban hidup (La)

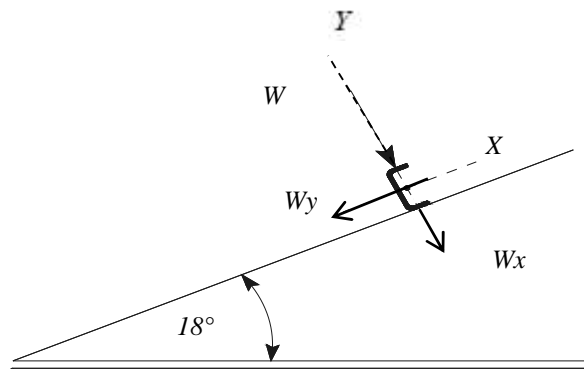


**Gambar 4.17.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban hidup

$$\begin{aligned} L_{ax} &= L_a \cdot \cos \\ &= 100 \cdot \cos 18^\circ \\ &= 95.106 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{ay} &= L_a \cdot \sin \\ &= 100 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 30.902 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

## 3 . Beban Angin (W)



**Gambar 4.18.** Skema Pembebanan Pada Gording untuk beban angin

Untuk angin tekan

$$W_x = -6.000 \quad \text{kg}$$

$$W_y = 0.000 \quad \text{kg}$$

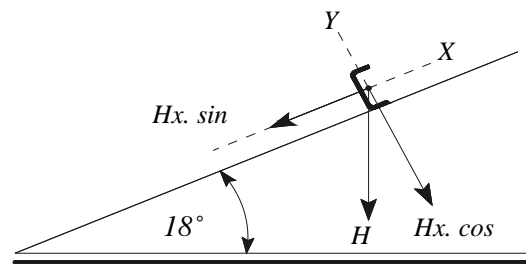
Untuk angin hisap

$$W_x = -60.000 \quad \text{kg}$$

$$W_y = 0.000 \quad \text{kg}$$

Angin tekan bernilai negatif, sehingga di analisa sebagai angin hisap juga.

#### 4 . Beban Hujan (H)



**Gambar 4.19.** Skema pembebanan pada gording akibat beban air hujan

$$\begin{aligned} H_x &= H_2 \cdot \cos \\ &= 120 \cdot \cos 18^\circ \\ &= 114.13 \quad \text{kg.m} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} H_y &= H_2 \cdot \sin \\ &= 120 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 37.08 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

##### 4.3.6 Kombinasi Pembebanan

Adapun spesifikasi kombinasi pembebanan (SNI 03-1729-2002):

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)
- 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W)
- 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)

Dimana :

- D = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
- La = Beban Hidup (Beban yang dapat bergerak)
- W = Beban angin
- E = Beban gempa (*ditentukan menurut : SNI 03-1726-2002*)
- H = Beban air hujan atau Beban es

**Tabel 4.6.** Pembebanan

| Type | D      | La     | H       | W      |         |
|------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Arah | (kg)   | (kg)   | (kg)    | (kg)   |         |
|      |        |        |         | Tekan  | Hisap   |
| x    | 52.413 | 95.106 | 114.127 | -6.000 | -60.000 |
| y    | 17.030 | 30.902 | 37.082  | 0.000  | 0.000   |

**Tabel 4.7.** kombinasi Pembebanan

| Kombinasi Beban                      | (kg)         |                 |              |   |         |
|--------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|---|---------|
| 1) 1,4 D                             |              |                 |              |   |         |
| Arah x :                             | 1.4 x 52.413 |                 |              | = | 73.378  |
| Arah y :                             | 1.4 x 17.030 |                 |              | = | 23.842  |
| 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)           |              |                 |              |   |         |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.41  | 0.5 x 114.127   |              | = | 119.959 |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.03  | 0.5 x 37.082    |              | = | 38.977  |
| 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W) |              |                 |              |   |         |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.41  | 1.6 x 114.127 + | 0.8 x 54.000 | = | 288.698 |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.03  | 1.6 x 37.082 +  | 0.8 x 0.000  | = | 79.767  |
| 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)   |              |                 |              |   |         |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.41  | 1.3 x 54.000 +  | 0.5 x 114.1  | = | 190.159 |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.03  | 1.3 x 0.000 +   | 0.5 x 37.08  | = | 38.977  |
| 5) 1,2 D                             |              |                 |              |   |         |
| Arah x :                             | 1.2 x 52.413 |                 |              | = | 62.895  |
| Arah y :                             | 1.2 x 17.030 |                 |              | = | 20.436  |
| 6) 0,9 D ± (1,3 W)                   |              |                 |              |   |         |
| Arah x :                             | 0.9 x 52.41  | 1.3 x 54.000    |              | = | 117.371 |
| Arah y :                             | 0.9 x 17.03  | 1.3 x 0.000     |              | = | 15.327  |

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 3.

$$Q_x = 288.70 \text{ kg}$$

$$Q_y = 79.77 \text{ kg}$$

Nilai koefisien momen pada 8 medan.

(Ir. A. P. Potma, Ir. J. E. De Vries ; *Konstruksi Baja*, hal : 119)

$$1. \quad 0.078 \qquad 5. \quad 0.044$$

$$2. \quad \mathbf{0.106} \qquad 6. \quad 0.085$$

$$3. \quad 0.034 \qquad 7. \quad 0.041$$

$$4. \quad 0.077 \qquad 8. \quad 0.083 \quad \text{Diambil koef. momen yang terbesar} = 0,106$$

$$L_{\text{gording}} = 600.00 \text{ cm}$$

$$M_u = 0,106 \cdot Q \cdot L$$

$$M_{ux} = 0.106 \times 288.70 \times 600.00$$

$$= 18,361.20 \text{ kg.cm}$$

$$M_{uy} = 0.106 \times 79.767 \times 600.00$$

$$= 5,073.192 \text{ kg.cm}$$

Dicoba profil : C : 150 . 50 . 20 . 2,3

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$A = 50 \text{ mm}$$

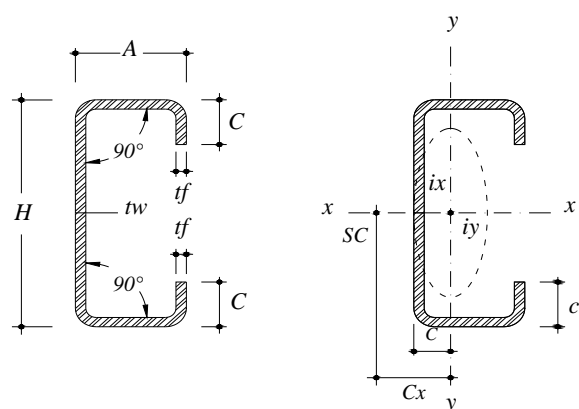
$$C = 20 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$I_x = 185 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 19.0 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 5.77 \text{ cm}^2$$



**Gambar 4.20.** Profil Kanal

$$i_y = 2.27 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = 24.7 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 5.6 \text{ cm}^3$$

### Kontrol Momen

$$b. Mn = b \cdot M_p$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = \frac{M_{ux}}{b \cdot f_y} = \frac{18,361.200}{0,9 \times 2400}$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = 8.501 \text{ cm}^3 < Z_x = 24.700 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \cdot f_y \\ &= 24.700 \times 2400.0 \\ &= 59280.00 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$b. Mn_x > M_{ux}$$

$$53,352.000 \text{ kg.cm} > 18,361.200 \text{ kg.cm} \quad \text{OK}$$

$$Z_{y \text{ perlu}} = \frac{M_{uy}}{b \cdot f_y} = \frac{5,073.192}{0,9 \times 2400}$$

$$Z_{y \text{ perlu}} = 2.349 \text{ cm}^3 < Z_y = 5.600 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 5.600 \times 2400.0 \\ &= 13,440.0 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$b. M_{ny} > M_{uy}$$

$$12,096.00 \text{ kg.cm} > 5,073.192 \text{ kg.cm} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Puntir

$$\frac{M_{ux}}{b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{b \cdot M_{ny}} = \frac{18361.200}{0.9 \cdot 59280.0} + \frac{5073.192}{0.9 \cdot 13440.0} = 0.764 < 1 \quad \text{OK}$$

**Tabel 4.8.** Batas lendutan Maksimum

| Komponen Struktur dengan beban tidak terfaktor  | Baban Tetap | Baban Sementara |
|---|-------------|-----------------|
| Balok pemikul dinding atau finishing yang getas | L/360       | -               |
| Balok biasa                                     | L/240       | -               |
| Kolom dengan analisis ordo pertama saja         | h/500       | h/200           |
| Kolom dengan analisis ordo kedua                | h/300       | h/200           |

(Sumber: SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15)

### Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2.500 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5 \cdot M_x \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times 18,361.200 \times 600^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 185} = 1.861 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot M_y \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times 5,073.192 \times 600^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 19.0} = 5.006 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \sqrt{1.861^2 + 5.006^2} \\ &= 5.341 \text{ cm} > 2.50 \text{ cm} \quad \text{NO} \end{aligned}$$

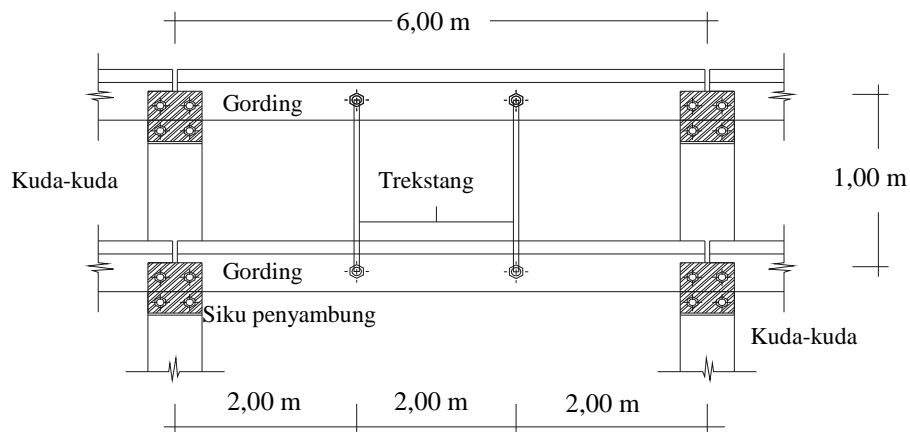
Lendutan tidak aman maka perlu dipasang trekstang

Pada arah sumbu lemah dipasang 2 buah trekstang pada bentang 1/3 gording.

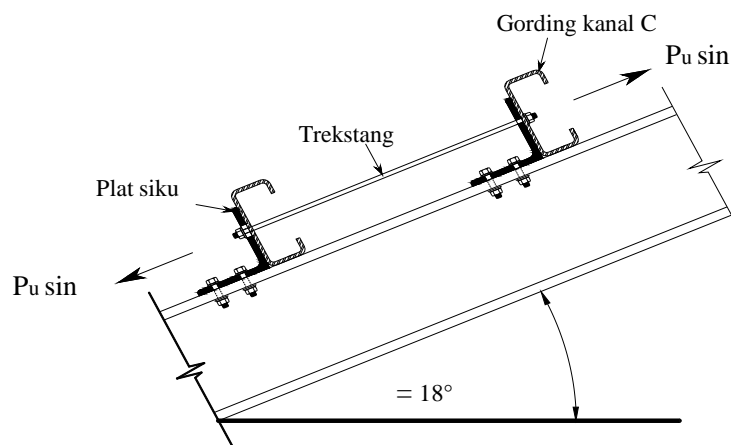
$$L_y = 1/3 \times \text{jarak kuda-kuda} = 1/3 \times 600.0 = 200.00 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot M_{uy} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \times 5,073.192 \times 200^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 19.00} = 0.556 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= \sqrt{1.861^2 + 0.556^2} \\ &= 1.942 \text{ cm} < 2.50 \text{ cm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$



**Gambar 4.21.** jarak antar trekstang pada gording ( $L_y$ )



**Gambar 4.22.** Gaya tarik trekstang



### Perhitungan Trekstang

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 D_2 + 1,6 L_a \\
 &= 1,2 \times 55.110 + 1,6 \times 100.00 \\
 &= 226.132 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \sin &= \frac{226.132}{\sin 18^\circ} \\
 &= 731.779 \text{ kg} \\
 &= 7317.785 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P_u = f_y \cdot A_g \quad \text{Untuk tegangan leleh} = 0.9$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y} = \frac{7,317.79}{0.9 \cdot 240} = 33.879 \text{ mm}^2$$

$$\text{Untuk tegangan putus} = 0.75$$

$$P_u = f_y \cdot 0,75 \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y \cdot 0,75} = \frac{7,317.785}{0,75 \cdot 240 \cdot 0,75} = 54.206 \text{ mm}^2 \dots \text{Menentukan}$$

$$A_g = 1/4 \cdot \cdot d^2 = 54.206 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \cdot}} \\
 &= \sqrt{\frac{54.206}{1/4 \cdot}}
 \end{aligned}$$

$$= 8.308 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan trekstang dengan} = 10.0 \text{ mm}$$

**Tabel 4.9.** Pembagian beban Kuda-kuda

| Type   | D      | La     | H       | W <sub>kiri</sub> | W <sub>kanan</sub> |
|--------|--------|--------|---------|-------------------|--------------------|
| Beban  | (kg)   | (kg)   | (kg)    | (kg)              | (kg)               |
| Tepi   | 55.110 | 100.00 | 120.000 | -6.000            | -60.000            |
| Tengah | 55.110 | 100.00 | 120.000 | -6.000            | -60.000            |
| Puncak | 41.910 | 100.00 | 60.000  | -3.000            | -30.000            |

**Tabel 4.10.** kombinasi Pembebanan Kuda-kuda

| Kombinasi Beban                      |                |                 |              | (kg)                                   |
|--------------------------------------|----------------|-----------------|--------------|--|
| 1) 1,4 D                             |                |                 |              |  |
| <i>Tepi</i>                          | 1.4 x 55.110   |                 | =            | 77.154                                 |
| <i>Tengah</i>                        | 1.4 x 55.110   |                 | =            | 77.154                                 |
| <i>Puncak</i>                        | 1.4 x 41.910   |                 | =            | 58.674                                 |
| 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)           |                |                 |              |  |
| <i>Tepi</i>                          | 1.2 x 55.110 + | 0.5 x 120.000   | =            | 126.132                                |
| <i>Tengah</i>                        | 1.2 x 55.110 + | 0.5 x 120.000   | =            | 126.132                                |
| <i>Puncak</i>                        | 1.2 x 41.910 + | 0.5 x 60.000    | =            | 80.292                                 |
| 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W) |                |                 |              |  |
| <i>Tepi</i>                          | 1.2 x 55.110 + | 1.6 x 120.000 + | 0.8 x 54.000 | = 301.332                              |
| <i>Tengah</i>                        | 1.2 x 55.110 + | 1.6 x 120.000 + | 0.8 x 54.000 | = 301.332                              |
| <i>Puncak</i>                        | 1.2 x 41.910 + | 1.6 x 60.000 +  | 0.8 x 27.000 | = 167.892                              |
| 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)   |                |                 |              |  |
| <i>Tepi</i>                          | 1.2 x 55.110 + | 1.3 x 54.000 +  | 0.5 x 120.00 | = 196.332                              |
| <i>Tengah</i>                        | 1.2 x 55.110 + | 1.3 x 54.000 +  | 0.5 x 120.00 | = 196.332                              |
| <i>Puncak</i>                        | 1.2 x 41.910 + | 1.3 x 27.000 +  | 0.5 x 60.000 | = 115.392                              |
| 5) 1,2 D                             |                |                 |              | Tidak dihitung karena pasti lebh kecil |
| 6) 0,9 D ± (1,3 W)                   |                |                 |              | Tidak dihitung karena pasti lebh kecil |

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 3.

#### 4.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode *Load and Resistance Factor Design*

##### (LRFD)

##### 4.4.1 Perhitungan Momen Portal *Gable Frame*

Perhitungan Momen digunakan program bantu SAP2000 untuk mendapatkan nilai-nilai momen struktur *gable frame* yang diakibatkan beban mati termasuk berat sendiri, beban hidup, beban air hujan, dan beban angin dengan menggunakan profil WF.

##### 4.4.2 Perhitungan Balok Kolom Profil WF

###### 1. Perhitungan Tekan

Dengan menggunakan program bantu SAP2000.

Dicoba dengan menggunakan profil WF 300.200.9.14, didapat :

$$N_u = 5532.25 \text{ kg}$$

$$M_u = 17362.59 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 4340.68 \text{ kg}$$

Dengan syarat rasio tegangannya adalah  $< 1$

Didapat nilai rasio Tegangan sebesar  $= 1.19 > 1$

( Tidak Aman)

(Perhitungan dapat dilihat di lampiran)

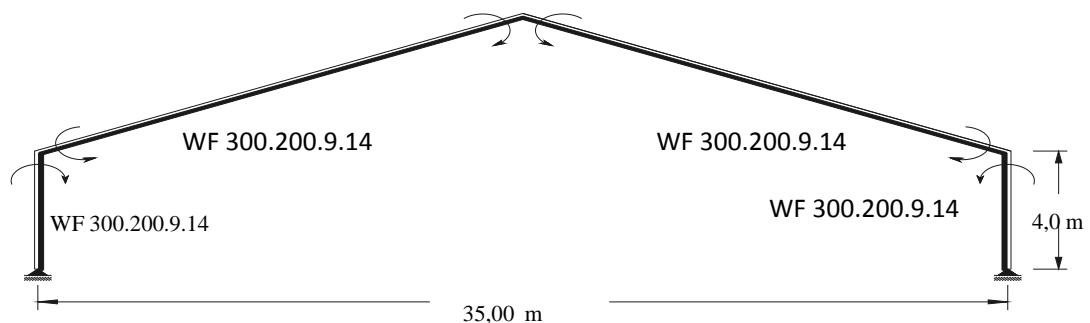
Sehingga dibutuhkan dimensi yang lebih besar dan dipakai profil WF 300.200.9.14, didapat :

$$N_u = 5862.75 \text{ kg}$$

$$M_u = 18373.69 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 4593.42 \text{ kg}$$

Dengan tinggi kolom (L) = 4.00 m



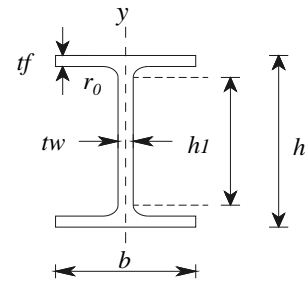
Gambar 4.24. Portal Gable frame

Dicoba dengan profil WF 300.200.9.14

Profil baja menggunakan BJ 37.

$$F_y = 240.00 \text{ MPa}$$

$$F_u = 340.00 \text{ MPa}$$



Data profil :

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$r_x = 126.0 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$r_y = 47.7 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

$$A_g = 8336 \text{ mm}^2$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$I_x = 133,000,000.0 \text{ mm}^4$$

$$r_o = 18 \text{ mm}$$

$$I_y = 19,000,000.0 \text{ mm}^4$$

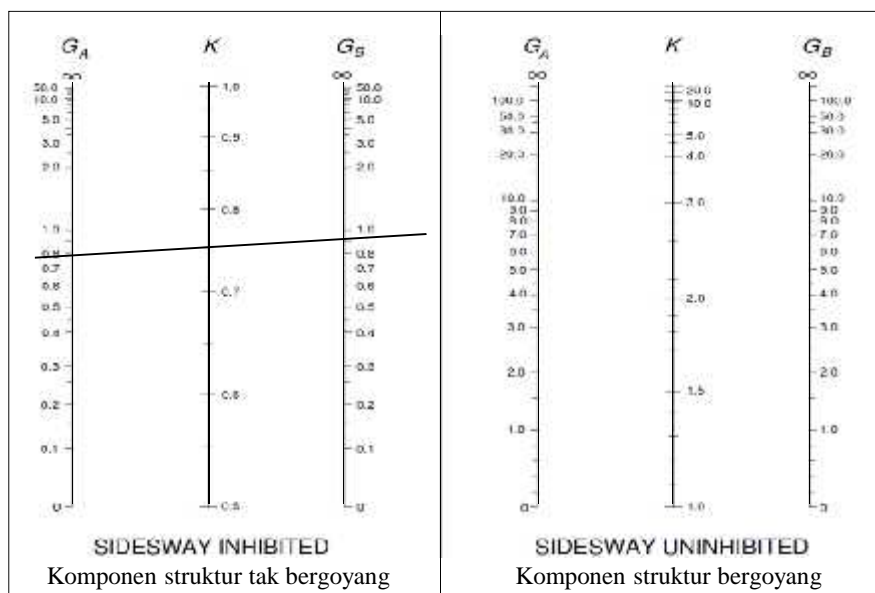
$$h_1 = d - 2.(t_f + r_o) = 236.000 \text{ mm}$$

Perhitungan Dimensi Kolom dan Balok

**Kondisi tumpuan jepit-sendi**

$$G_A = 0.8$$

$$G_B = \frac{(I/L)_{\text{kolom}}}{(I/L)_{\text{balok}}} = \frac{66500.000}{72282.61} = 0.920$$



(Sumber; AISC, LRFD; Manual Of Steel Counstraction, second edition; Column Design 3-6)

**Gambar 4.26.** Monogram faktor panjang tekuk

Dari nomogram didapat nilai  $k$  faktor panjang tekuk

$$k = 0.76$$

Periksa kelangsingan penampang kolom

$$\text{Flens} \quad \frac{(b/2)}{t_f} = \frac{(200 / 2)}{14} = 7.143$$

$$r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16.137 \quad (\text{ref. SNI 03-1729-2002. hal. 30-31})$$

$$\frac{(b/2)}{t_f} < r \quad \dots \text{OK}$$

$$\text{Web} \quad \frac{h}{t_w} = \frac{300}{9} = 33.333$$

$$r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42.926 \quad (\text{ref. SNI 03-1729-2002. hal. 30-31})$$

$$\frac{h}{t_w} < r \quad \dots \text{OK}$$

### Aksi Tekan

Kelangsingan pada arah sumbu bahan.

$$x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} \quad ; \quad y = \frac{k \cdot L_y}{r_y}$$

dimana :  $L_x, L_y$  = panjang komponen struktur tekan arah  $x$  dan arah  $y$

$k$  = faktor panjang tekuk

$r_x, r_y$  = jari-jari girasi komponen struktur

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 61)

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{0.76 \times 4000.0}{126.00} = 24.127$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{0.76 \times 4000.0}{47.70} = 63.732$$

$$c = \frac{k_x \cdot L_x}{\sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{24.127}{3.142} \sqrt{\frac{240.0}{210,000}} = 0.260$$

Besarnya ditentukan nilai  $c$ .

$$c < 0,25 \quad \text{maka} \quad = 1$$

$$0,25 < c < 1,2 \quad \text{maka} \quad = \frac{1.43}{1,6 - 0.670 \cdot c}$$

$$c > 1,2 \quad \text{maka} \quad = 1,25 \cdot c^2$$

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57)

$$= \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \cdot c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \cdot 0.251} = 1.003$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{1.003} \\ &= 8336 \times \frac{240.00}{1.003} = 199,511.403 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{c \cdot N_n} = \frac{5,862.750}{0.85 \times 199,511.40} = 0.035 < 0.2$$

(Sumber; SNI 03-1729-2002. hal. 24 pasal. 7.4.3.3)

## 2. Perhitungan Lentur

Periksa kelangsingan penampang

$$\frac{(b/2)}{t_f} = \frac{(200 / 2)}{14} = 7.143$$

$$p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10.973 \quad (\text{ref. SNI 03-1729-2002. hal. 30-31})$$

$$\frac{(b/2)}{t_f} < p \quad \dots \text{Kompak}$$

$$\frac{N_u}{c \cdot N_n} = \frac{58,627.500}{0.9 \times 240.0 \times 8336.00} = 0.033 < 0.125$$

Berdasarkan tabel 7.5.1 SNI 03-1729-2002 hal : 31 memberikan batasan nilai untuk p dan r

$$\text{untuk } \frac{N_u}{c \cdot N_n} < 0.125, \quad p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left( 1 - \frac{2.75 \cdot N_u}{b \cdot N_y} \right)$$

$$\text{untuk } \frac{N_u}{c \cdot N_n} > 0.125, \quad p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left( 2.33 - \frac{N_u}{b \cdot N_y} \right)$$

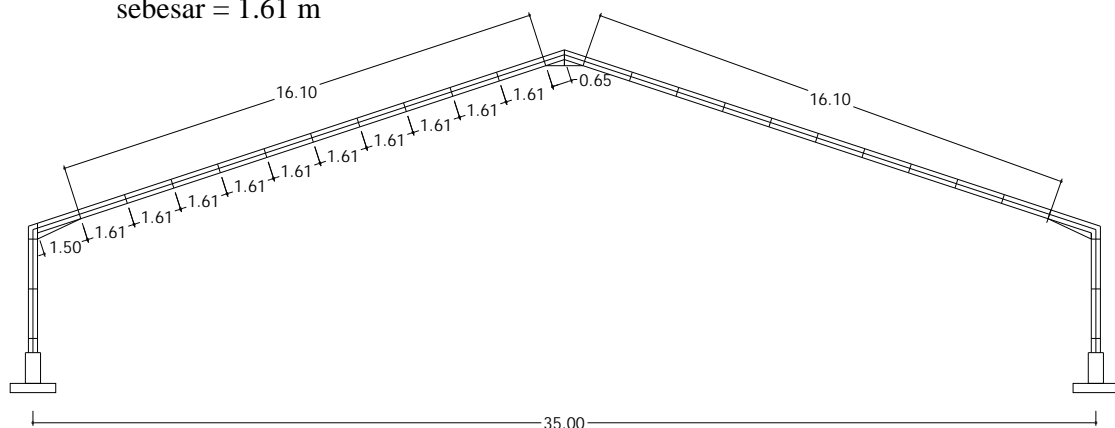
$$p = \frac{1680}{\sqrt{240}} \left( 1 - \frac{2.75 \cdot 5,862.75}{b \cdot N_y} \right) = 98.706$$

$$= h/t_w = 236 / 9 = 26.222 < 98.706 \quad \text{Kompak}$$

### Aksi Lentur

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y = \frac{790}{\sqrt{240}} \times 47.70 = 2432.427 \text{ mm}$$

Jadi perlu dipasang pengaku dengan jarak kurang dari  $L_p = 2.432 \text{ m}$   
sebesar = 1.61 m



**Gambar 4.27.** Jarak Pengaku Pada Balok

$$L_r = r_y \cdot \left( \frac{X_1}{f_y - f_r} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}$$

$$\begin{aligned} J &= 1/3 [ 2 (250) (14)^3 ] + [ 350 (9)^3 ] \\ &= 584566.667 \text{ mm}^4 \end{aligned} \quad \begin{aligned} S_x &= \frac{I_x}{h / 2} \\ &= \frac{133,000,000.0}{300.00 / 2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{S_x \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}}{2} \\ &= \frac{3.142}{886667} \sqrt{\frac{2.0 \times 10^5 \cdot 8 \times 10^4 \cdot 584566.667 \cdot 8336.0}{2}} \\ &= 22,122.304 \text{ MPa} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &= 886666.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 4 \cdot \left( \frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2 \frac{C_w}{I_y} \\ C_w &= \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{(1/12 \times 14 \times 350^3) \times 236.0^2}{2} \\ &= 259,914,666,666.667 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 4 \cdot \left( \frac{886666.67}{8 \times 10^4 \cdot 712483.33} \right)^2 \frac{259,914,666,666.67}{19,000,000.000} \\ &= 0.00001967 \text{ mm}^4 / \text{N}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 47.7 \times \left( \frac{22122.3}{240 - 70} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0.00003759 (290 - 70)^2}} \\ &= 23,257.374 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_p (2.432 \text{ meter}) > L (1.61 \text{ meter}) < L_r (23.26 \text{ meter})$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 1280.0 \times 2400 \\ &= 3,072,000.00 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
M_r &= S_x (f_y - f_r) \\
&= 886.667 \times (2400.0 - 700.0) \\
&= 1,507,333.33 \text{ kg.cm} \\
M_n &= C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \left( \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right) \right] M_p \\
&= 1 \left[ 1,507,333 + (3,072,000 - 1,507,333) \left( \frac{23.26 - 1.16}{23.26 - 2.432} \right) \right] \\
&= 3,133,792.446 \text{ kg.cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b \cdot M_{nx} &= 0.9 \times 3,133,792.446 \\
&= 2,820,413.20 \text{ kg.cm}^2
\end{aligned}$$

#### Perbesaran Momen ( $b$ )

Untuk menghitung (  $b$  ) diperlukan rasio kelangsingan dari portal.

$$\begin{aligned}
\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} &= \frac{0.76 \times 4000.0}{126.00} = 24.127 \\
C_m &= 0.6 - 0.4 (M_1/M_2) \\
&= 0.6 \\
N_{el} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{((k.L)/r)^2} = \frac{3.14 \cdot 200000 \times 8,336}{582.111} \\
&= 899,769.976 \text{ kg} \\
N_u &= 5862.75 \text{ kg} \\
b &= \frac{C_m}{1 - (N_u/N_{el})} = \frac{0.6}{1 - (5862.75/899,769.98)} \\
&= 0.604 < 1.0
\end{aligned}$$

Diambil (  $b$  ) sebesar 1,0

$$\begin{aligned}
M_{ux} &= b \cdot M_{ntu} \\
&= 1.0 \cdot 21252.120 \\
&= 21252.12 \text{ kg.m} \\
&= 2125212.000 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{2 \cdot N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{b \cdot M_{nx}} \right) \leq 1$$

$$0.062 + \left( \frac{2125212.00}{2820413.201} \right) \leq 1 = \mathbf{0.816} \leq \mathbf{1.0}$$

Jadi profil WF : 300.200.9.14 mencukupi untuk memikul beban sesuai dengan LRFD.

### Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-1 batasan lendutan maksimum adalah :

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{1840.0}{240} = 7.667 \text{ cm}$$

Lendutan maksimum yang didapat dari perhitungan program bantu SAP2000

sebesar = 4.416 cm

|            |            |    |
|------------|------------|----|
| $f_{ijin}$ | $f_{maks}$ |    |
| 7.667 cm   | 4.416 cm   | OK |

## 4.5 Perhitungan Sambungan Untuk Metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

### 4.5.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF

Data Perencanaan profil WF

Balok WF

Tinggi balok (d) = 300 mm

Lebar balok (b) = 200 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm

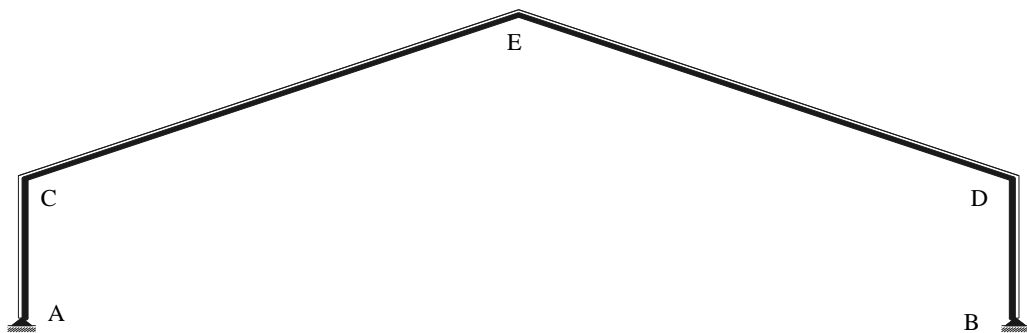
Kolom WF

Tinggi kolom (d) = 300 mm

Lebar kolom (b) = 200 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm



**Gambar 4.28.** Penamaan sambungan

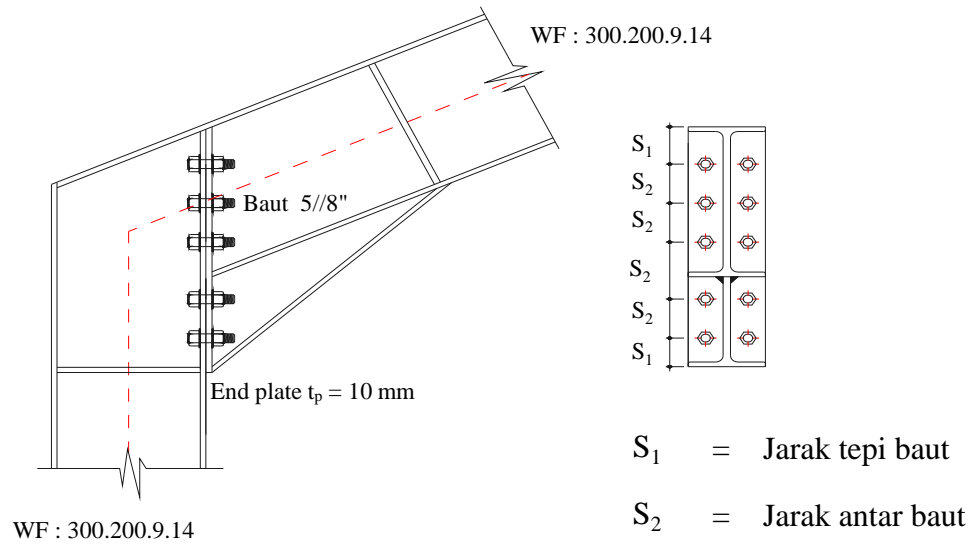
Sambungan C = Sambungan D ( Rafter kolom balok )

Sambungan E ( Rafter balok balok )

Sambungan A = Sambungan B ( Base plate )

#### 4.5.2 Sambungan Rafter tepi (sambungan C dan D)

Diketahui :



**Gambar 4.29.** Skema Penyambungan kolom balok

$$N_u = 5862.75 \text{ kg}$$

$$M_u = 18373.69 \text{ kgm}$$

$$V_u = 4593.42 \text{ kg}$$

Digunakan baut diameter 5/8"

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tarik baut } (f_u^b) &= 310 \text{ Mpa} \\ &= 3100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik pelat } (f_y) &= 240 \text{ Mpa} \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter baut} = 5/8" = 1.588 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut } (A_b) &= 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \\ &= 1.979 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap geser (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} {}_f V_n &= {}_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0.75 \cdot 0.40 \cdot 3100.00 \cdot 1.979 \\ &= 1840.773 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} {}_f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ r_1 &= \text{Untuk baut dengan tegangan ulir pada bidang geser (0,4)} \\ f_u^b &= \text{Tegangan tarik putus baut} \\ A_b &= \text{Luas penampang baut} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tarik (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} {}_f T_n &= {}_f \cdot (0,75 \cdot f_u^b) \cdot A_b \\ &= 0.75 \cdot (0.75 \cdot 3100.00) \cdot 1.979 \\ &= 3451.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tumpu (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

Tebal plat penyambung  $t_p = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} {}_f R_n &= 2,0 \cdot {}_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_y \\ &= 2.0 \cdot 0.75 \cdot 1.588 \cdot 1.0 \cdot 2400 \\ &= 5715.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} {}_f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ d_b &= \text{Diameter baut nominal pada daerah tak berulir} \\ t_p &= \text{Tebal plat penyambung} \\ f_y &= \text{Tegangan tarik pelat} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil adalah akibat geser sebesar  $= 1840.773 \text{ kg}$

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{R_n} \\
 &= \frac{4593.420}{1840.773} \\
 &= 2.495 \text{ buah} \quad \quad \quad 3 \text{ buah baut}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil} = 10 \text{ buah baut}$$

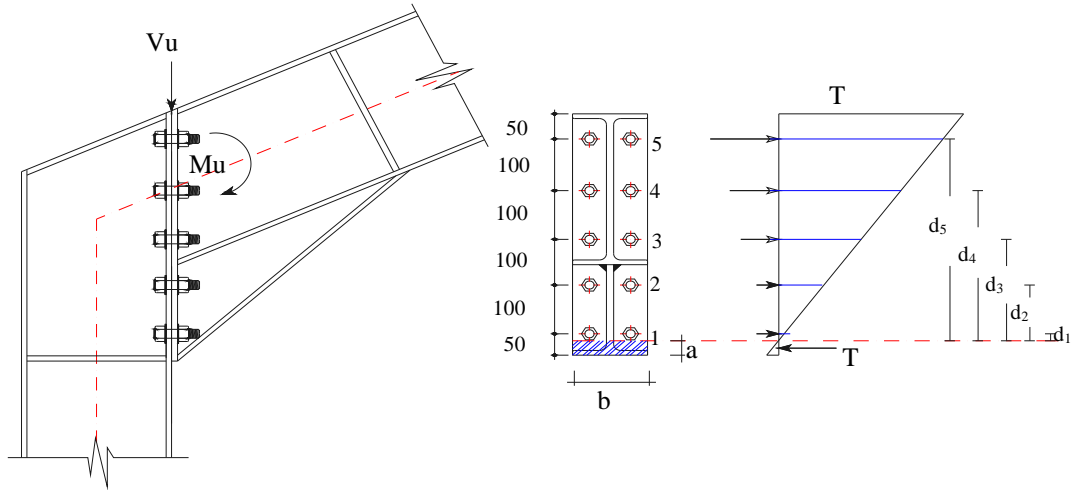
$$\begin{aligned}
 f_{uv} &= \frac{V_u}{n \cdot A_b} \quad r_1 \cdot f \cdot f_u^b \cdot m \\
 &= \frac{4593.420}{10 \cdot 1.979} \quad 1.9 \cdot 0.75 \cdot 3100.0 \cdot 1 \\
 &= 232.070 \text{ kg/cm}^2 \quad \quad \quad 4417.500 \text{ kg/cm}^2 \quad \quad \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$r_1 = \text{Untuk baut dengan ulir pada bidang geser} = (1,9)$$

$$m = \text{Jumlah bidang geser} = 1$$

$$\begin{aligned}
 f T_n &= f \cdot f_u^b \cdot A_b \quad \frac{V_u}{n} \\
 &= 0.75 \cdot 3100.0 \cdot 1.979 \quad \frac{4593.420}{10} \\
 &= 4601.9332 \text{ kg} \quad \quad \quad 459.342 \text{ kg} \quad \quad \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.30.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 3 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 1,5 \cdot 1,588 = 2,38 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimal} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
 \text{Diambil jarak tepi baut} &= 5,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b - 7 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimal} &= 7 \cdot 1,588 = 11,11 \text{ cm} \\
 \text{Jarak antar lubang baut} &= 10,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \\
 &= \frac{0,75 \cdot 3100 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 1,979}{2400 \times 20,00} \\
 &= 0,959 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

Jarak ( $d_i$ )

$$d_1 = 4.041 \text{ cm} \quad d_4 = 29.041 \text{ cm}$$

$$d_2 = 14.041 \text{ cm} \quad d_5 = 34.041 \text{ cm}$$

$$d_3 = 24.041 \text{ cm}$$

$$d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5$$

$$d_i = 105.206 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b \cdot (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) \\ &= 0.75 \cdot 3100.0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1.979 \cdot 105.206 \\ &= 4,841,524.509 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{0.9 \cdot 2400.0 \cdot 0.959^2 \cdot 20}{2} + 4841524.509 \\ &= 4,861,378.686 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

|            |       |            |                |
|------------|-------|------------|----------------|
|            | $M_n$ | $M_u$      |                |
| 48,613.787 | kg.m  | 18,373.690 | kg.m <b>OK</b> |



### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 55 - 1,6 = 53,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 10 mm

$$\begin{aligned} t_e &= 0,707 \cdot a \\ &= 0,707 \cdot 10 \\ &= 7,070 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} .R_{nw} &= .t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot (7,070) \cdot (0,600 \times 370) \\ &= 1177,155 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks. } .R_{nw} &= .t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,75 \cdot (55) \cdot (0,6 \times 240) \\ &= 5940,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \cdot (91,87) + 1,6 \cdot (91,87) \\ &= 257,232 \text{ ton} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{257,232 \times 10^4}{1177,155} \\ &= 2185,197 \text{ mm} \quad 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan sambungan dititik C dan D

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada plat badan

$$\begin{aligned} \tau_v &= Vu / (t_w \cdot d_{\text{balok}} \cdot d_{\text{kolom}}) \\ &= 459,342.000 / (0.9 \cdot 30 \cdot 30) \\ &= 567.089 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan geser yang diijinkan pada plat badan

$$\begin{aligned} \tau_v &= 0,6 \cdot f_y \\ &= 0.6 \cdot 2,400.00 \\ &= 1,440.000 \end{aligned}$$

|                            |                              |    |
|----------------------------|------------------------------|----|
| $\tau_v$                   | $\tau_v$                     |    |
| 567.089 kg/cm <sup>2</sup> | 1,440.000 kg/cm <sup>2</sup> | OK |

Besarnya tebal plat badan yang diperlukan

$$\begin{aligned} t_{wt} &= \frac{Vu \cdot \sqrt{3}}{f_y \cdot d_{\text{balok}} \cdot d_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{459,342.000 \cdot \sqrt{3}}{2,400.00 \cdot 30 \cdot 30} \\ &= 0.368 \end{aligned}$$

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| $t_{wt}$ | $t_w$  |    |
| 0.368 cm | 0.9 cm | OK |

Kontrol web crippling (lipatan pada plat badan)

Kondisi dimana tanpa penumpu dihitung berdasarkan momen nominal.

$$M_n = 2,820,413.201 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} P_u &= (8 \cdot M_n) / 2.L \\ &= (8 \cdot 2,820,413.201) / (2 \cdot 1840) \\ &= 6131.137 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku) = 0 mm

$$\begin{aligned} P_n &= 0,68 t_w^2 (1 + 3 (N/d) \cdot (t_w/t_f)^{1,5}) \sqrt{\frac{f_y \cdot t_f}{t_w}} \\ &= 0,75 \cdot 0,68 \cdot 12^2 (1 + 3 (0/300) \cdot (9/14)^{1,5}) \sqrt{\frac{240 \cdot 14}{9}} \\ &= 32.640 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_n > P_u$$

$$32.640 \text{ kg} > 6131.137 \text{ kg} \quad \mathbf{NO}$$

Maka harus di pengaku pada sambungan

Dicoba tanpa pengaku, N = 1500 mm

$$\begin{aligned} P_n &= 0,68 t_w^2 (1 + 3 (N/d) \cdot (t_w/t_f)^{1,5}) \sqrt{\frac{f_y \cdot t_f}{t_w}} \\ &= 0,75 \cdot 0,68 \cdot 14^2 (1 + 3 (200/300) \cdot (8/14)^{1,5}) \sqrt{\frac{240 \cdot 14}{9}} \\ &= 6.212.466 \text{ kg} \end{aligned}$$

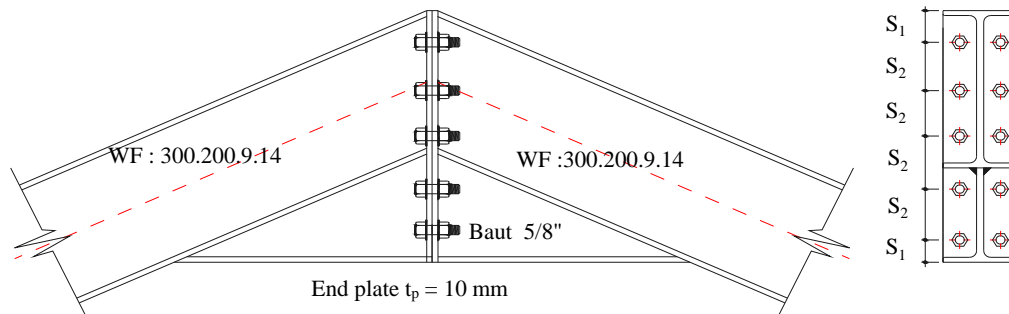
$$P_n > P_u$$

$$6.212.466 \text{ kg} > 6131.137 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.5.2 Perhitungan Sambungan Rafter Puncak

Sambungan Rafter puncak (sambungan E)

Diketahui :



$S_1$  = Jarak tepi baut

$S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 4.31.** Skema Penyambungan balok balok

$$V_u = 4593.420 \text{ kg}$$

$$M_u = 18373.69 \text{ kgm}$$

$$T_u = 5862.750 \text{ kg}$$

Digunakan baut diameter 5/8"

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tarik baut } (f_u^b) &= 310 \text{ Mpa} \\ &= 3100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik Pelat } (f_y) &= 240 \text{ Mpa} \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter baut} = 5/8" = 1.588 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut } (A_b) &= 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \\ &= 1.979 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tarik (SNI 03-1729-2002 : Tata Cara  
Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100)

$$\begin{aligned} f T_n &= f \cdot (0,75 \cdot f_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \times 3100,00) \cdot 1,979 \\ &= 3451,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap geser (SNI 03-1729-2002 : Tata Cara  
Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100)

$$\begin{aligned} f V_n &= f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,40 \cdot 3100,00 \cdot 1,979 \\ &= 1840,773 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ r_1 &= \text{Untuk baut dengan tegangan ulir pada bidang geser (0,4)} \\ f_u^b &= \text{Tegangan tarik putus baut} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tumpu (SNI 03-1729-2002 : Tata Cara  
Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100)

Tebal plat penyambung  $t_p = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} f R_n &= 2,0 \cdot f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2 \cdot 0,75 \cdot 1,588 \cdot 1,0 \cdot 2400,000 \\ &= 5715,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ d_b &= \text{Diameter baut nominal pada daerah tak berulir} \\ t_p &= \text{Tebal plat penyambung} \\ f_y &= \text{Tegangan tarik pelat} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil adalah akibat geser sebesar  $= 1840,773 \text{ kg}$

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{R_n} \\
 &= \frac{4593.420}{1840.773} \\
 &= 2.495 \text{ buah} \qquad \qquad \qquad 5 \text{ buah baut}
 \end{aligned}$$

Diambil = 10 buah baut

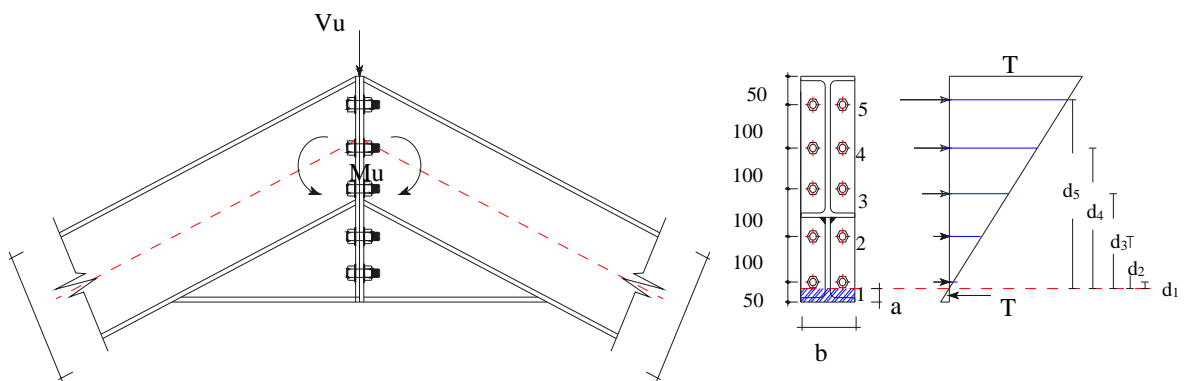
$$\begin{aligned}
 f_{uv} &= \frac{V_u}{n \cdot A_b} \quad r_1 \cdot f \cdot f_u^b \cdot m \quad (\text{ref : 2.7.1.16}) \\
 &= \frac{4593.420}{10 \cdot 1.979} \quad 1.9 \cdot 0.75 \cdot 3100 \cdot 0 \cdot 1 \\
 &= 232.070 \text{ kg/cm}^2 \qquad \qquad \qquad 4417.500 \text{ kg/cm}^2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$r_1$  = Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (1,9)

$m$  = Jumlah bidang geser

$$\begin{aligned}
 f T_n &= f \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot \frac{T_u}{n} \\
 &= 0.75 \cdot 3100 \cdot 1.979 \cdot \frac{5862.750}{10} \\
 &= 4601.933 \text{ kg} \qquad \qquad \qquad 586.275 \text{ kg} \qquad \qquad \qquad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.32.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
\text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 3 d_b \\
\text{Jarak minimal} &= 1,5 \cdot 1,588 = 2,38 \text{ cm} \\
\text{Jarak maksimal} &= 3,0 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
\text{Diambil jarak tepi baut} &= 5,00 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jarak antar lubang baut} &= 3 d_b - 7 d_b \\
\text{Jarak minimal} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
\text{Jarak maksimal} &= 7 \cdot 1,588 = 11,11 \text{ cm} \\
\text{Jarak antar lubang baut} &= 10,00 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \\
&= \frac{0,75 \cdot 3100,0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,979}{2400 \times 20,00} \\
&= 1,917 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

Jarak ( $d_i$ )

$$\begin{aligned}
d_1 &= 3,083 \text{ cm} & d_4 &= 28,083 \text{ cm} \\
d_2 &= 13,083 \text{ cm} & d_5 &= 33,083 \text{ cm} \\
d_3 &= 23,083 \text{ cm} \\
\mathbf{d_i} &= \mathbf{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5} \\
\mathbf{d_i} &= \mathbf{100,413 \text{ cm}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b \cdot (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) \\
&= 0,75 \cdot 3100,0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,979 \cdot 100,413 \\
&= 9,241,845,08 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{0.9 \cdot 2400.0 \cdot 1.917^2 \cdot 20}{2} + 9241845.085 \\
 &= 9,321,261.793 \text{ kg.cm} \\
 \begin{array}{ccc} M_n & M_u \\ 93,212.618 \text{ kg.m} & 18,373.690 \text{ kg.m} \end{array} & \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 55 - 1,6 = 53.4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 10 mm

$$\begin{aligned}
 t_e &= 0.707 \cdot a \\
 &= 0.707 \cdot 10 \\
 &= 7.070 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned}
 .R_{nw} &= .t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\
 &= 0.75 (7.070) (0.60 \times 370) \\
 &= 1177.155 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai maks. } .R_{nw} &= .t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\
 &= 0.75 (55) (0.6 \times 240) \\
 &= 5940.000 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned}
 T_u &= 1,2D + 1,6L \\
 &= 1.2 (91.868) + 1.6 (91.868) \\
 &= 257.232 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned}
 L_w &= \frac{257.232 \times 10^4}{1177.155} \\
 &= 2185.197 \text{ mm} \quad 2200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



#### 4.6 Perhitungan Plat Landas

$$\text{Pondasi beton} = 30 \times 50 \text{ cm}$$

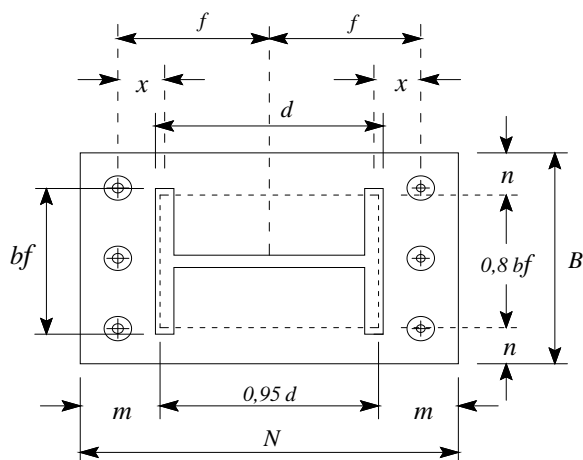
$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 5862.75 \text{ kg}$$

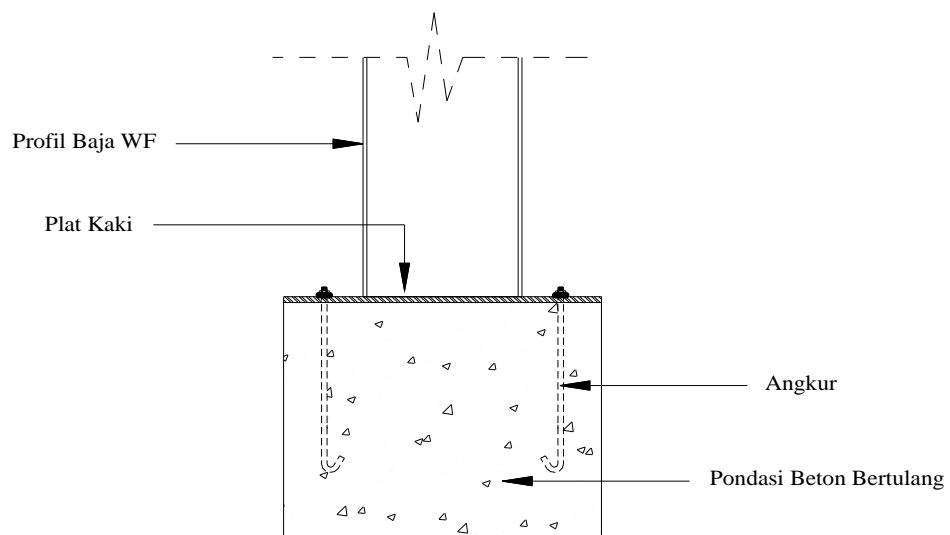
$$V_u = 4593.420 \text{ kg}$$

$$R_H = 4593.420 \text{ kg}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 4.33.** Penampang plat landas dan notasi



**Gambar 4.34.** Pondasi dengan ankur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(N - 0,95 \cdot d)}{2} \\
 &= \frac{50 - 0,95 \times 30}{2} \\
 &= 10.750 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{(B - 0,8 \cdot bf)}{2} \\
 &= \frac{30 - 0,80 \times 20}{2} \\
 &= 7.000 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{m}{2} = \frac{10.750}{2} \\
 &= 5.375 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{d}{2} + x \\
 &= \frac{30}{2} + 5.375 \\
 &= 20.38 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Tekan

$$\begin{aligned}
 A_l &= B \cdot N \\
 &= 30 \times 50 \\
 &= 1500.000 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_p &= 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\
 &= 0,85 \cdot 25 \cdot 1500 \cdot \sqrt{\frac{1500}{1500}} = 31,875.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

|           |               |              |
|-----------|---------------|--------------|
| $P_u$     | $c \cdot P_p$ |              |
| 5,862.750 | 0,6           | x 31,875.000 |
| 5,862.750 | 19,125.000    | <b>OK</b>    |

Untuk angkur tipe A325 :      n =      6      Buah angkur

Diameter baut      = 3/4"      =      1.91      cm

$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.91^2 \\
 &= 2.850 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$F_v = 414 \text{ Mpa}$$

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b}$$

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{4593.420}{6.000} = 765.570 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{765.570}{2.850} = 268.599$$

$$F_v \cdot A_b = 0.75 \times 414 \times 2.850 = 884.996 \text{ kg}$$

$$\frac{V_{ub}}{765.570 \text{ kg}} \leq \frac{F_v \cdot A_b}{884.996 \text{ kg}} \quad \text{OK}$$

Perehitungan tebal plat dasar :

$$t_{perlu} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot N \cdot f_y}}$$

$$= 1.49 \times 10.75 \cdot \sqrt{\frac{5,862.750}{3,600,000.0}}$$

$$= 0.646 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai tebal} = 1.000 \text{ cm}$$

Desain panjang angkur yang diperlukan

$$L_{\min} = \frac{f_y}{(4 \cdot \sqrt{f_c'})} \times d_b$$

$$= \frac{240}{(4 \cdot \sqrt{25})} \times 19.050$$

$$= 229 \text{ mm}$$

$$\text{Maka dipasang panjang angkur } L = 250.000 \text{ mm}$$

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las untuk tebal plat lebih dari 6,4 mm :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 10 - 1,6 = 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 8 mm

$$\begin{aligned} t_e &= 0,707 \cdot a \\ &= 0,707 \cdot 8 \\ &= 5,656 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 8 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} .R_{nw} &= .t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,65 \cdot (7,070) \cdot (0,60 \times 370) \\ &= 1020,201 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks. } .R_{nw} &= .t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,80 \cdot (10) \cdot (0,6 \times 240) \\ &= 1152,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \cdot (91,868) + 1,6 \cdot (91,868) \\ &= 257,232 \text{ ton} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{257,232 \times 10^4}{1020,201} \\ &= 2521,381 \text{ mm} \quad 2550 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 5.7 Perhitungan Berat Struktur

**Tabel 5.6** Perbandingan berat struktur

| <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> |        |                 |                        |                       |                         |                   |
|--------------------------------------|--------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| No                                   | Profil | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg)     |
| 1                                    | Balok  | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 18.401                | 2.000                   | 2933.054          |
| 2                                    | Kolom  | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 4.000                 | 2.000                   | 637.600           |
| <b>Jumlah berat</b>                  |        |                 |                        |                       |                         | <b>= 3570.654</b> |

| <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> |        |                 |                        |                       |                         |                      |
|---|--------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| No  | Profil | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg)        |
| 1   | Balok  | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 18.401                | 2.000                   | 2406.797             |
| 2   | Kolom  | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 4.000                 | 2.000                   | 523.200              |
| <b>Jumlah berat</b>                             |        |                 |                        |                       |                         | <b>= 2929.997 kg</b> |

Diketahui Berat Metode ASD = 3570.654 kg

Berat Metode LRFD = 2929.997 kg

Selisih Berat = 640.657 kg

Prosentase selisih berat baja dari kedua metode :

$$= \frac{640.66}{2929.997} \times 100\%$$

$$= 21.865 \%$$

| <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> |                 |                        |                       |                         |               |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Profil                               | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg) |
| Balok                                | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 18.401                | 2.000                   | 2933.054      |
| Kolom                                | WF 350.250.9.14 | 79.700                 | 4.000                 | 2.000                   | 637.600       |
| <b>Jumlah berat = 3570.654</b>       |                 |                        |                       |                         |               |

| <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> |                 |                        |                       |                         |               |
|---|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Profil  | Dimensi Profil  | Berat Profil<br>(kg/m) | Panjang Profil<br>(m) | Jumlah Profil<br>(buah) | Berat<br>(kg) |
| Balok   | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 18.401                | 2.000                   | 2406.797      |
| Kolom   | WF 300.200.9.14 | 65.400                 | 4.000                 | 2.000                   | 523.200       |
| <b>Jumlah berat = 2929.997 kg</b>               |                 |                        |                       |                         |               |































## Kesimpulan

| METODE                        |                   |  |                 |
|-------------------------------|-------------------|--|-----------------|
| Allowable Stress Design (ASD) |                   | Load and Resistance Factor Design (LRFD) |                 |
| Profil                        | WF 350.250.9.14   | Profil                                   | WF 300.200.9.14 |
| Berat                         | 79.700 kg/m       | Berat                                    | 65.400 kg/m     |
| $M$                           | 14884.200 kg.m    | $M_u$                                    | 18373.690 kg.m  |
| $D$                           | 3721.060 kg       | $V_u$                                    | 4593.420 kg     |
| $N$                           | 4839.990 kg       | $N_u$                                    | 5862.750 kg     |
| Lendutan                      | 3.410 cm          | Lendutan                                 | 4.416 cm        |
| Berat per portal              | 3570.654 kg       | Berat per portal                         | 2929.997 kg     |
| Kontrol Tegangan              | 1318.21 < 1600.00 | Kontrol Tegangan                         | 0.816 < 1       |































































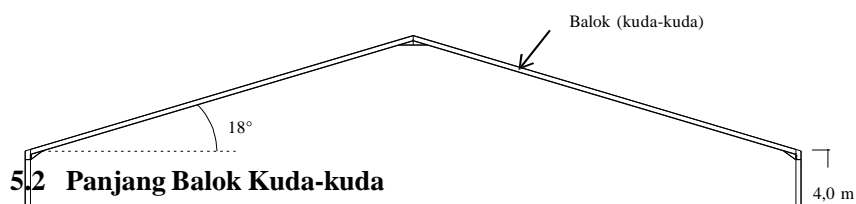


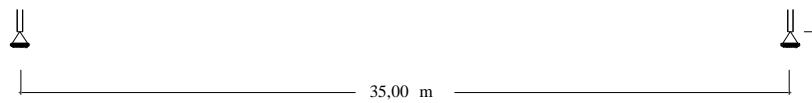


**BAB V**  
**PERHITUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME METODE ASD**  
*(Allowable Stress Design)*

**5.1 Data Perencanaan**

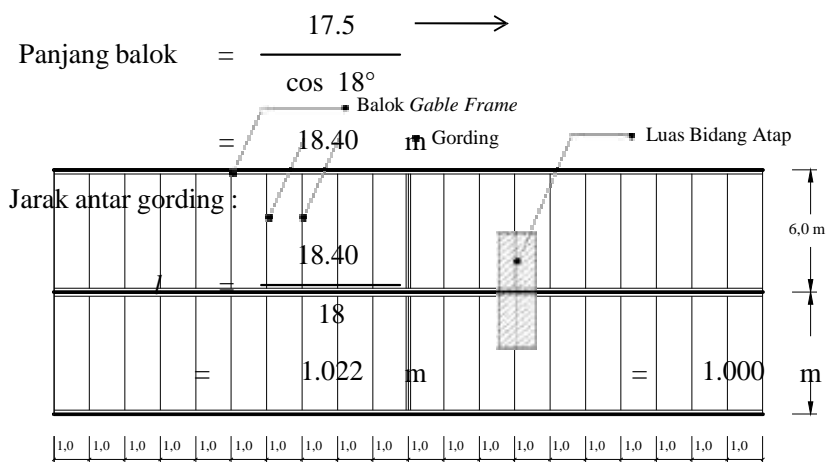
|                             |   |                         |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Bentang Kuda-Kuda           | : | 35.00 meter             |
| Jenis Atap                  | : | Zincalume CD 760        |
| Berat Atap                  | : | 4.00 kg/m <sup>2</sup>  |
| Jarak antar kuda-kuda       | : | 6.00 meter              |
| Jumlah Medan                | : | 8 medan                 |
| Profil Gording direncanakan | : | C : 150 . 50 . 20 . 2,3 |
| Tinggi Kolom                | : | 4.00 meter              |
| Kemiringan atap             | : | 18 °                    |
| Jenis Bangunan              | : | Pasar                   |
| Mutu Baja BJ 37             | : | 240.00 MPa              |





**Gambar 5.1.** Struktur Portal *Gable Frame*

5.2 Panjang balok kuda-kuda :



**Gambar 5.2.** Denah Atap kuda-kuda

### 5.3 Pembebanan Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

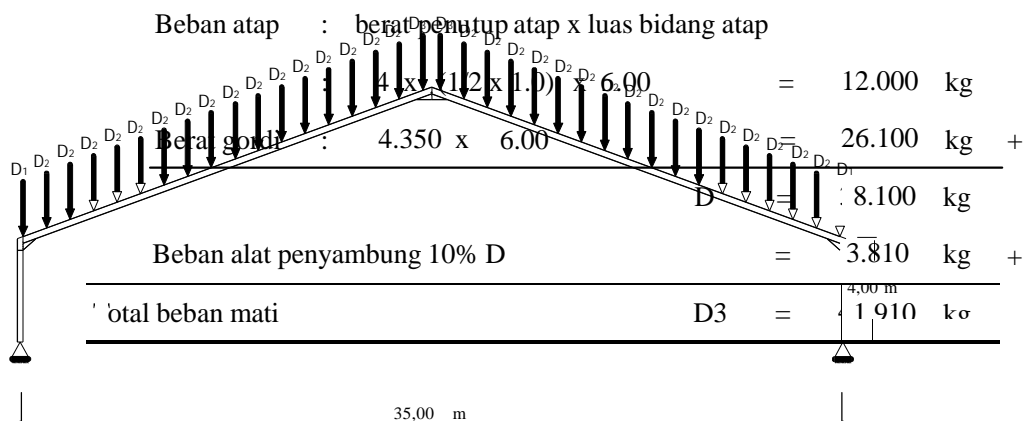
#### 5.3.1 Beban Mati (*D*)

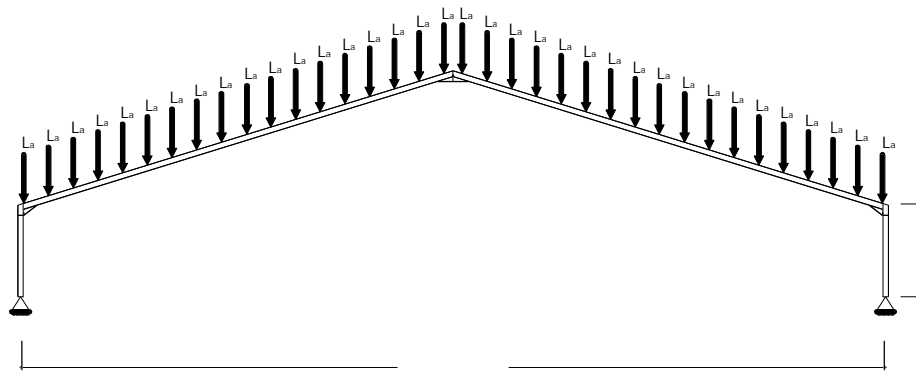
|                             |   |   |             |
|-----------------------------|---|---|-------------|
| Beban gording Tepi          |   | = | 4.350 kg/m  |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |   |             |
|                             | : 4 x 1.00 x 6.00                       | = | 24.000 kg   |
| Berat gording               | : 4.350 x 6.00                          | = | 26.100 kg + |
|                             | D                                       | = | 50.100 kg   |
| Beban alat penyambung 10% D |   | = | 5.010 kg +  |
| Total beban mati            | D1                                      | = | 55.110 kg   |

#### Beban gording tengah

|                             |   |   |             |
|-----------------------------|---|---|-------------|
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |   |             |
|                             | : 4 x 1.00 x 6.00                       | = | 24.000 kg   |
| Berat gording               | : 4.350 x 6.00                          | = | 26.100 kg + |
|                             | D                                       | = | 50.100 kg   |
| Beban alat penyambung 10% D |   | = | 5.010 kg +  |
| Total beban mati            | D2                                      | = | 55.110 kg   |

#### Beban gording puncak





**Gambar 5.3.** Skema Pembebanan untuk beban mati

### 5.3.2 Beban Hidup ( $L_a$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13.

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatan.

Beban tepi ( $L_a$ ) : 100.00 kg

4 m

35.00 m

**Gambar 5.4.** Skema Pembebanan untuk beban hidup

### 5.3.3 Beban Angin ( $W$ )

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang di tinjau. Besarnya

tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>.

(Diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983; hal, 23)

Tekanan angin minimum diambil sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

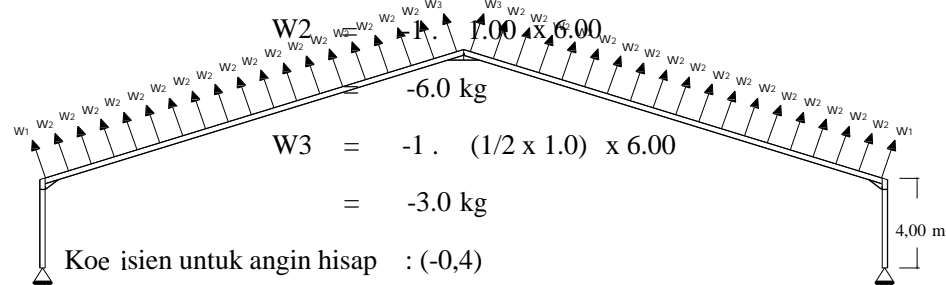
Angin tekan = Koefisien angin tekan x tekanan angin

$$= (0.02 - 0.4) \times 25$$

$$= -1.0 \text{ kg/m}^2$$

$$W1 = -1 \cdot 1.00 \times 6.00$$

$$= -6.0 \text{ kg}$$



$$W2 = -1 \cdot (1/2 \times 1.0) \times 6.00$$

$$= -3.0 \text{ kg}$$

Koe isien untuk angin hisap : (-0,4)

Angin hisap = Koefisien angin hisap x tekanan angin

$$= -0.4 \times 25$$

$$= -10.00 \text{ kg/m}^2$$

$$W1 = -10.00 \times 1.00 \times 6.00$$

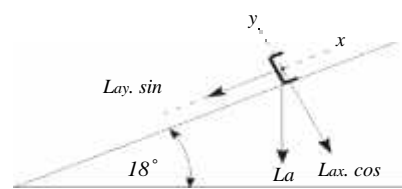
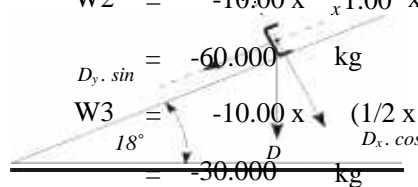
$$= -60.000 \text{ kg}$$

$$W2 = -10.00 \times 1.00 \times 6.00$$

$$= -60.000 \text{ kg}$$

$$W3 = -10.00 \times (1/2 \times 1) \times 6.00$$

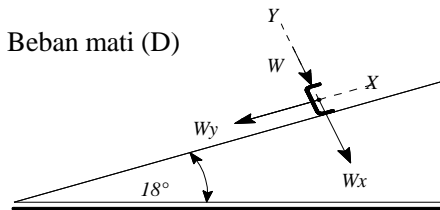
$$= -30.000 \text{ kg}$$



**Gambar 5.5.** Skema Pembebanan Akibat Angin

#### 5.3.4 Penguraian Beban

##### 1 . Beban mati (D)



**Gambar 4.6.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban mati

$$\begin{aligned} D_x &= D_2 \cdot \cos \\ &= 55.11 \times \cos 18^\circ \\ &= 52.413 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_y &= D_2 \cdot \sin \\ &= 55.11 \times \sin 18^\circ \\ &= 17.030 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

##### 2 . Beban hidup (La)

**Gambar 4.7.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban hidup

$$\begin{aligned} L_{ax} &= L_a \cdot \cos \\ &= 100 \cdot \cos 18^\circ \\ &= 95.106 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{ay} &= L_a \cdot \sin \\ &= 100 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 30.902 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

##### 3 . Beban Angin (W)

**Gambar 4.8.** Skema Pembebanan Pada Gording untuk beban angin

| Untuk angin tekan |   |           | Untuk angin hisap |   |            |
|-------------------|---|-----------|-------------------|---|------------|
| $W_x$             | = | -6.000 kg | $W_x$             | = | -60.000 kg |
| $W_y$             | = | 0.000 kg  | $W_y$             | = | 0.000 kg   |

### 5.3.5 Kombinasi Pembebanan Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

Adapun spesifikasi kombinasi pembebanan (SNI 03-1729-2002):

- 1) Beban mati (D) + Beban hidup (La)
- 2) Beban mati (D) + Beban angin (W)

Dimana :

- D = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
- La = Beban Hidup (Beban yang dapat bergerak)
- W = Beban angin

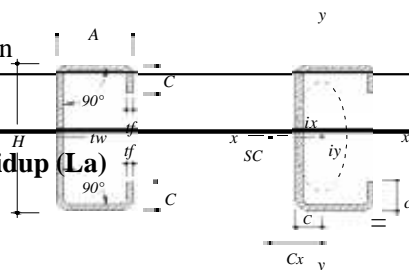
**Tabel 5.1.** Pembebanan

| Type | D      | La     | W      |         |
|------|--------|--------|--------|---------|
| Arah | (kg)   | (kg)   | (kg)   |         |
|      |        |        | Tekan  | Hisap   |
| x    | 52.413 | 95.106 | -6.000 | -60.000 |
| y    | 17.030 | 30.902 | 0.000  | 0.000   |

### 5.3.5. Kombinasi Pembebanan

**Tabel 5.2.** kombinasi Pembebanan

| Kombinasi Beban                      | (kg)    |
|--------------------------------------|---------|
| 1) Beban mati (D) + Beban hidup (La) |         |
| Arah x : 52.413 + 95.106             | 147.518 |
| Arah y : 17.030 + 30.902             | 47.932  |
| 2) Beban mati (D) + Beban angin (W)  |         |





$$\begin{aligned} \text{Arah } x : 52.413 + 54.000 &= 106.413 \\ \text{Arah } y : 17.030 + 0.000 &= 17.030 \end{aligned}$$

D diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 1.

$$Q_x = 147.518 \text{ kg}$$

$$Q_y = 47.932 \text{ kg}$$

—  
 Nilai koefisien momen pada 8 medan.

(Ir. A. P. Potma, Ir. J. E. De Vries ; *Konstruksi Baja*, hal : 119)

|    |              |    |       |                                       |
|----|--------------|----|-------|---------------------------------------|
| 1. | 0.078        | 5. | 0.044 | D diambil momen yang terbesar = 0,106 |
| 2. | <b>0.106</b> | 6. | 0.085 |                                       |
| 3. | 0.034        | 7. | 0.041 |                                       |
| 4. | 0.077        | 8. | 0.083 |                                       |

$$L_{\text{gording}} = 600.00 \text{ cm}$$

$$M_u = 0,106 \cdot Q \cdot L$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 0.106 \times 147.518 \times 600.00 \\ &= 9,382.169 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 0.106 \times 47.932 \times 600.00 \\ &= 3,048.451 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\text{_____} =$$

Dicoba profil : C : 150 . 50 . 20 . 2,3

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$A = 50 \text{ mm}$$

$$C = 20 \text{ mm}$$

$$t = 2.3 \text{ mm}$$

$$I_x = 210 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 22.0 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 5.77 \text{ cm}^2$$

### Gambar 5.9. Profil Kanal

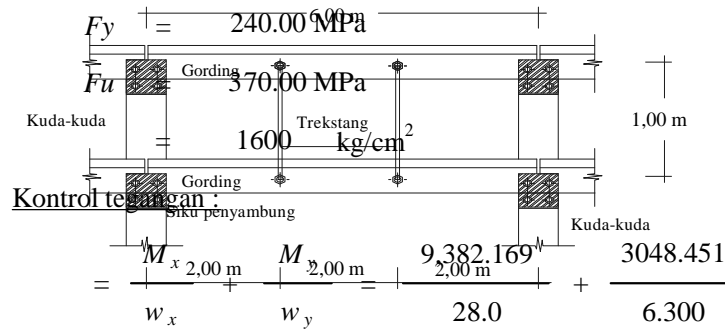
$$W_X = 28.0 \text{ cm}^3 \underline{\hspace{2cm}} =$$

$$W_y = 6.3 \text{ cm}^3$$

$$Z_X = \sqrt{30.19} \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 5.54 \text{ cm}^3$$

Profil baja menggunakan BJ 37.



$$= 818.96 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1600 \text{ kg/cm}^2$$

**OK**

**Tabel 5.3. Batas lendutan Maksimum**

| Komponen Struktur dengan beban tidak terfaktor  | Baban Tetap | Baban Sementara |
|---|-------------|-----------------|
| Balok pemikul dinding atau finishing yang getas | L/360       | -               |
| Balok biasa                                     | L/240       | -               |
| Kolom dengan analisis ordo pertama saja         | h/500       | h/200           |
| Kolom dengan analisis ordo kedua                | h/300       | h/200           |

(Sumber; SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15)

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2.500 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5 \cdot \text{Mux} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \times 9,382.169 \times 600^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 210.00} = 0.84 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot M_{uy} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \times 3,048.451 \times 600^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 22.00} = 2.60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{max} &= 0.838^2 + 2.598^2 \\
 &= 2.730 \text{ cm} > 2.500 \text{ cm} \quad \mathbf{NO}
 \end{aligned}$$

Lendutan tidak aman maka perlu dipasang trekstang

Pada arah sumbu lemah dipasang 2 buah trekstang pada bentang gording sehingga :

$$L_y = 1/3 \times \text{jarak kuda-kuda} = 1/3 \times 600.00 = 200.00 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot M_{uy} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \times 3,048.451 \times 200^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 22.00} = 0.29 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{max} &= \sqrt{0.838^2 + 0.289^2} \\
 &= 0.886 \text{ cm} > 2.500 \text{ cm} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

**Gambar 5.10.** jarak antar trekstang pada gording ( $L_y$ )

**Gambar 5.11.** Gaya tarik trekstang

Perhitungan Trekstang

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 D_2 + 1,6 L_a \\
 &= 1,2 \times 55.110 + 1,6 \times 100.000 \\
 &= 226.132 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \sin &= \frac{226.132}{\sin 18^\circ} \\
 &= 731.779 \text{ kg} \\
 &= 7317.785 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P_u = f_y \cdot A_g \quad \text{Untuk tegangan leleh} = 0.9$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y} = \frac{7.317.785}{0.9 \cdot 240} = 33.879 \text{ mm}^2$$

$$\text{Untuk tegangan putus} = 0.75$$

$$P_u = f_y \cdot 0,75 \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y \cdot 0,75} = \frac{7.317.785}{0,75 \cdot 240 \cdot 0,75} = 54.206 \text{ mm}^2 \quad \text{Menentukan}$$

$$A_g = 1/4 \cdot d^2 = 54.206 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt{\frac{A_g}{1/4}} \\
 &= \sqrt{\frac{54.206}{1/4}} \\
 &= 8.308 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan trekstang dengan} = 10.0 \text{ mm}$$

**Tabel 5.4.** Pembagian beban Kuda-kuda

| Type | D | La | W <sub>Tekan</sub> | W <sub>Hisap</sub> |
|------|---|----|--------------------|--------------------|
|------|---|----|--------------------|--------------------|

| <b>Beban</b> | <b>(kg)</b> | <b>(kg)</b> | <b>(kg)</b> | <b>(kg)</b> |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tepi         | 55.110      | 100.000     | -6.000      | -60.000     |
| Tengah       | 55.110      | 100.000     | -6.000      | -60.000     |
| Puncak       | 41.910      | 100.000     | -3.000      | -30.000     |

**Tabel 5.5.** kombinasi Pembebanan Kuda-kuda

| <b>Kombinasi Beban</b>                      |                  | <b>(kg)</b> |
|---|------------------|-------------|
| <b>1) Beban mati (D) + Beban hidup (La)</b> |                  |             |
| <i>Tepi</i>                                 | 55.110 + 100.000 | = 155.110   |
| <i>Tengah</i>                               | 55.110 + 100.000 | = 155.110   |
| <i>Puncak</i>                               | 41.910 + 100.000 | = 141.910   |
| <b>2) Beban mati (D) + Beban angin (W)</b>  |                  |             |
| <i>Tepi</i>                                 | 55.110 + 54.000  | = 109.110   |
| <i>Tengah</i>                               | 55.110 + 54.000  | = 109.110   |
| <i>Puncak</i>                               | 41.910 + 27.000  | = 68.910    |

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 1.

## 5.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

### 5.4.1 Perhitungan Momen Portal *Gable Frame*

Perhitungan Momen digunakan program bantu SAP2000 untuk mendapatkan nilai-nilai momen struktur *gable frame* yang diakibatkan beban mati termasuk berat sendiri, beban hidup, dan beban angin dengan menggunakan baja profil WF.

### 5.4.2 Perhitungan Balok dan Kolom

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan SAP2000.

Dicoba dengan menggunakan profil WF 350.175.7.11, didapat :

$$N = 4537.72 \text{ kg}$$

$$M = 13960.31 \text{ kg.m} \quad -$$

$$D = 3490.08 \text{ kg}$$

Dengan Kontrol Tegangan :

$$= 1929.380 \text{ kg/cm}^2 > = 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Tidak Aman})$$

(Perhitungan dapat dilihat di lampiran)

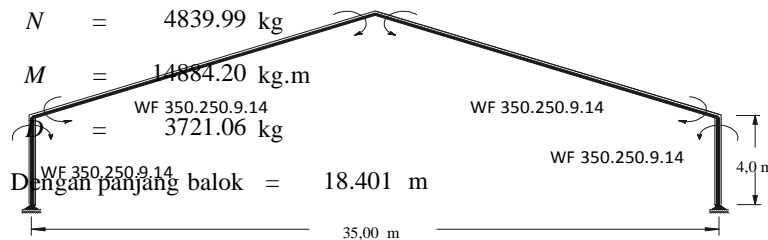
Sehingga dibutuhkan dimensi yang lebih besar dan dipakai profil WF 350.250.9.14, didapat :

$$N = 4839.99 \text{ kg}$$

$$M = 14884.20 \text{ kg.m}$$

$$D = 3721.06 \text{ kg}$$

Dengan panjang balok = 18.401 m

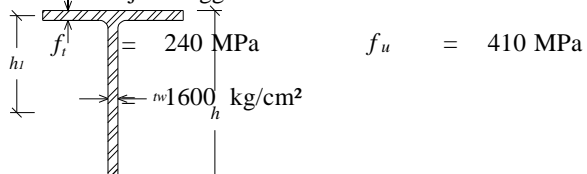


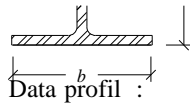
**Gambar 5.12.** Portal *Gable Frame*

### 1. Perhitungan Lentur

Dengan menggunakan profil *Wide Flange* (WF) : 350.250.9.14

Profil baja menggunakan BJ 37.





$$\begin{aligned}
 g &= 79.7 \text{ kg/m} & F &= 101.50 \text{ cm}^2 \\
 h &= 35 \text{ cm} & I_x &= 21700 \text{ cm}^4 \\
 b &= 25 \text{ cm} & I_y &= 3650 \text{ cm}^4 \\
 t_w &= 0.9 \text{ cm} & w_x &= 1208 \text{ cm}^3 \\
 t_f &= 1.4 \text{ cm} & w_y &= 292 \text{ cm}^3 \\
 h_1 &= 18 - 0.70 = 16.8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### Kontrol stabilitas penampang

$$\begin{aligned}
 1.) \quad \frac{h}{t_f} &= 75 & \text{_____} \\
 \frac{35}{1.4} &= 75 & \text{_____} \\
 25.0 &= 75 & \text{..... OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.) \quad \frac{L}{h} &= \frac{1.25 \cdot b}{t_w} \\
 \frac{1840.06}{35} &= \frac{1.25 \cdot 25}{0.90} \\
 52.573 &= 34.722 & \text{OK} & \text{(Penampang kompak)}
 \end{aligned}$$

#### Kontrol Tegangan :

$$\text{yang terjadi} = \frac{M}{w_x} = \frac{1488420.0}{1208} = 1232.136 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{yang terjadi} < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

#### Kontrol geser :

$$\begin{aligned}
 S_x &= (b \times t_w \times h_1) + (t_f \times (h_1 - t_f/2) \times (h_1 - t_f/2)/2) \\
 &= (25 \times 0.9 \times 16.8) + (1.4 \times (16.8 - 1.4/2) \times ((16.8 - (1.4/2))/2)) \\
 &= 378.0 + 22.54 \times 8.050 = 559.447 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$= 0.60 \cdot \quad = 0.60 \cdot 1600.00 = 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{V \cdot S_x}{t_w \cdot I_x} = \frac{3721.060 \cdot 559.447}{0.9 \cdot 21700.0} = 106.592 \text{ kg/cm}^2$$

$$106.592 < 960 \quad \text{OK}$$

**Kontrol lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{1}{2} \times L = 7.36 \text{ cm}$$

Lendutan maksimum yang didapat dari perhitungan program bantu SAP2000 adalah (fmax) : 3.41 cm

$$f_{max} < f_{ijin} \quad (\text{Lendutan aman})$$

(Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal 106)

## 2. Perhitungan Tekan

Dengan menggunakan profil baja WF 350.250.9.14

$$M = 14884.20 \text{ kgm} \quad L = 4.0 \text{ m}$$

$$I_y = 101.50 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 21700 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 3650 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1208 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 292 \text{ cm}^3$$



Kelangsingan pada arah sumbu bahan

Faktor panjang efektif  $K$ , ditentukan dengan menggunakan faktor  $G$ .

**Kondisi tumpuan jepit-sendiri**

$$G_A = 0.8$$

$$G_B = \frac{(I/L) \text{ kolom}}{(I/L) \text{ balok}} = \frac{108500.0}{117934.8} = 0.920$$



(Sumber; AISC, ASD-LRFD; Manual Of Steel Counstraction, second edition; Column Design 3-6)

**Gambar 5.13.** Monogram faktor panjang tekuk

Dari nomogram didapat nilai  $k$  faktor panjang tekuk

$$k = 0.76$$

Kelangsingan pada arah sumbu bahan.

$$x = \frac{K \cdot L_x}{i_x} ; \quad y = \frac{K \cdot L_y}{i_y}$$

dimana :  $L_x, L_y$  = panjang komponen struktur tekan arah  $x$  dan arah  $y$

$K$  = faktor panjang tekuk

$i_x, i_y$  = jari-jari girasi komponen struktur

$$\frac{K \cdot L_x}{i_x} = \frac{0.76 \times 4000.0}{146.00} = 20.822$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{0.76 \times 4000.0}{60.00} = 50.667$$

$$s = \frac{(K.Lx)/ix}{E} \cdot \frac{f_y}{E} = \frac{20.822}{3.14} \cdot \frac{240.0}{210,000} = 0.224$$

Besarnya ditentukan nilai  $s$ .

$$s < 0,183 \quad \text{maka} \quad = 1$$

$$0,183 < s < 1 \quad \text{maka} \quad = \frac{1.41}{1,593 - s}$$

$$s > 1 \quad \text{maka} \quad = 2,381 s^2$$

(Sumber; Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal: 9)

$$= \frac{1.41}{1.593 - s} = \frac{1.41}{1.593 - 0.224} = 1.030$$

Kontrol tegangan

$$= \frac{P}{F} + \frac{M}{W_x} <$$

$$= 1.030 \cdot \frac{4839.990}{101.5} + \frac{1488420.0}{1208} = 1318.209 \text{ kg/cm}^2$$

<

$$1318.21 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

Jadi profil WF : 350.250.9.14 mencukupi untuk memikul beban sesuai dengan ASD.

## 5.5 Perhitungan Sambungan Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

### 5.5.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF

Data Perencanaan profil WF

Balok WF

Tinggi balok ( $d$ ) = 350 mm

Lebar balok ( $b$ ) = 250 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm

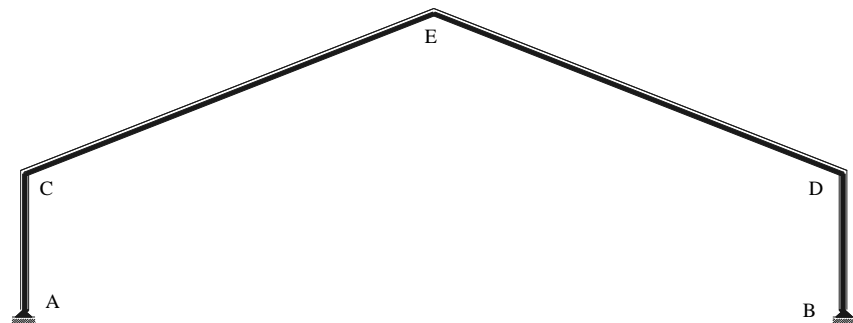
Kolom WF

Tinggi kolom ( $d$ ) = 350 mm

Lebar kolom ( $b$ ) = 250 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

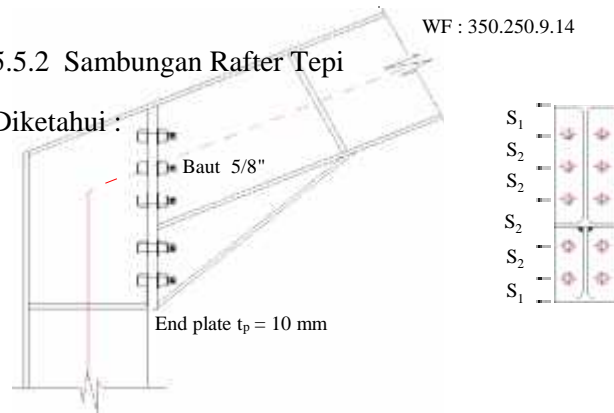
Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm



**Gambar 5.14.** Penamaan sambungan

### 5.5.2 Sambungan Rafter Tepi

Diketahui :



WF : 350.250.9.14

$S_1$  = Jarak tepi baut

$S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 5.15.** Skema Penyambungan Kolom Balok

$$\begin{aligned} D &= 3721.060 \text{ kg} \\ M &= 14884.200 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Digunakan Baut A35  $f_y = 3100.0 \text{ kg/cm}^2$

$$= \frac{f_y}{1.5} = \frac{3100.000}{1.5} = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} t_p &= 1.5 \times &= 1.5 \times 2066.667 \\ & &= 3100.00 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0.6 \times &= 0.6 \times 2066.667 \\ & &= 1240.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipakai baut diameter} &= 5/8" = 1.588 \text{ cm} \\ &= 1.588 + 0.100 = 1.688 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{geser}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot f_u \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 1240.000 \\ &= 2454.364 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{tumpu}} &= d \cdot s \cdot f_u \\ &= 1.688 \cdot 0.80 \cdot 3100.00 \\ &= 4185.000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 2454.364 kg

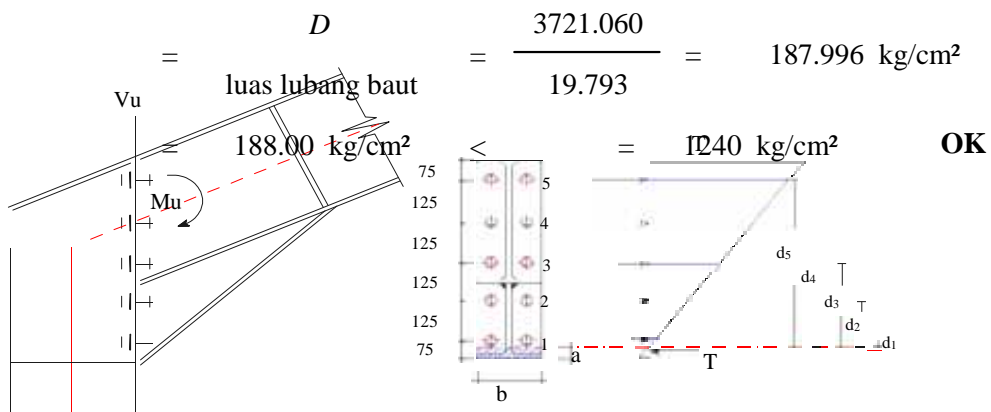
Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}n &= \frac{D}{N} = \frac{3721.060}{2454.364} \\ &= 1.516 \text{ buah} \quad 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

Diambil = 10 buah baut

$$\begin{aligned}\text{Luas lubang baut} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 10 \\ &= 19.793 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :





**Gambar 5.16.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 3 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 1,5 \cdot 1.588 = 2.381 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 3 \cdot 1.588 = 4.763 \text{ cm} \\
 \text{Diambil jarak tepi baut} &= 7.50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut diambil} &= 3 d_b - 7 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 3 \cdot 1.588 = 4.763 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 7 \cdot 1.588 = 11.113 \text{ cm} \\
 \text{Jarak antar lubang baut} &= 12.50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_b \cdot n \cdot F_b}{f_{yp} \cdot b} \\
 &= \frac{0.75 \cdot 3100.0 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 1.979}{2400 \times 25.00} \\
 &= 0.767 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jarak ( $d$ )

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 6.733 \text{ cm} & d_4 &= 39.233 \text{ cm} \\
 d_2 &= 19.233 \text{ cm} & d_5 &= 46.733 \text{ cm} \\
 d_3 &= 31.733 \text{ cm} & d_6 &= 54.233 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$d = 6.733^2 + 19.233^2 + 31.733^2 + 39.233^2 + 46.733^2 + 54.233^2$$

$$= 8086.649 \text{ cm}^2$$

$$N = \frac{M \cdot d \text{ terjauh}}{2 \cdot e}$$

$$= \frac{14884.20 \cdot 54}{2 \cdot 8087} = 49.910 \text{ kg}$$

#### Sambungan teriris tunggal

$$N_{\text{axial}} = \frac{N}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$= \frac{49.910}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2} = 25.229 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_C = 3721.060 \text{ kg}$$

$$= \frac{3721.060}{20 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = 94.046 \text{ kg/cm}^2$$

$$i^{\circ} = (N_{\text{axial}})^2 + 3 \cdot V_C^2 <$$

$$= 25.229^2 + 3 \cdot 94.046^2 <$$

$$= 164.834 \text{ kg/cm}^2 < 2066.667 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Kolom

$$\text{Tebal las ditaksir } a = 10 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las (lbr)} = 41 \text{ cm}$$

$$P = N_{\text{balok}} = 3721.06 \text{ kg} = 3721 \text{ kg}$$

Beban ditahan oleh las kiri dan las kanan, masing-masing sebesar P kiri dan P kanan ,  
dimana :

$$P_{ki} = P_{ka} = \frac{1}{2} \cdot P = \frac{1}{2} \cdot 1962 = 1861 \text{ kg}$$

$$L_n = \text{lbr} - 3 = 41 - (3 \times 1.0) = 38.0 \text{ cm}$$

$$D = P_{ki} \cdot \sin 45^\circ = 1860.530 \cdot \sin 45^\circ = 1315.593 \text{ kg}$$

$$= \frac{P}{l_{br} \cdot a} = \frac{1315.593}{41 \cdot 1.0} = 32.088 \text{ kg/cm}^2$$

$$< = 1240.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{l_n \cdot a} = \frac{1315.593}{38.0 \cdot 1.0} = 34.621 \text{ kg/cm}^2$$

$$< = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} i &= \sigma^2 + 3 \tau^2 = 34.621^2 + 3 \cdot 32.088^2 \\ &= 65.479 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$i < = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Balok

$$\text{Tebal las ditaksir } a = 10.0 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las } (l_{br}) = 100 \text{ cm}$$

$$M_c = 1488420 \text{ kg.cm}$$

$$l_n = l_{br} - 3 = 100 - 3 \times 1.0 = 97 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{1}{3} \cdot H + \frac{1}{4} \cdot 0,4 \cdot 2 \\ &= \frac{1}{3} \cdot 60 + \frac{1}{4} \cdot 0,4 \cdot 2 \\ &= \sqrt{20.141} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$D = \frac{M}{e} = \frac{1488420}{20.141} = 73898.459 \text{ kg}$$

$$D = N = D \sin 45^\circ = 73898.459 \cdot \sin 45^\circ = 52254.101 \text{ kg}$$

$$= \frac{D}{F_{gs}} = \frac{D}{l_{br} \cdot a} = \frac{73898.459}{100 \cdot 1.0} = 738.985 \text{ kg/cm}^2$$



$$\begin{aligned}
 &< &= &1240.00 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{N}{F_{tr}} &= &\frac{N}{I_n \cdot a} = \frac{73898.459}{97.0 \cdot 1.0} = 761.840 \text{ kg/cm}^2 \\
 &< &= &2066.67 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

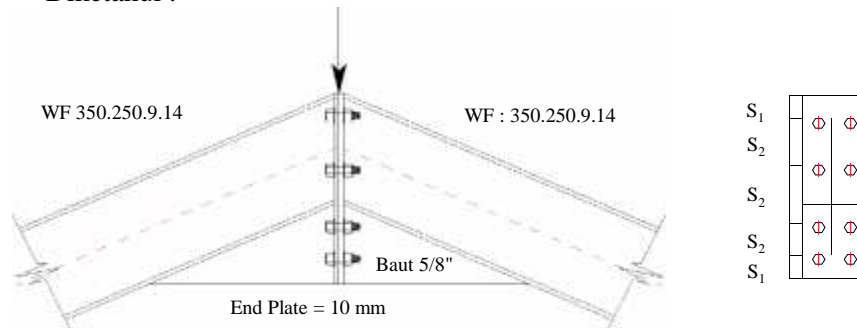
$$\begin{aligned}
 i &= \sigma^2 + 3 \sigma^2 &= &762^2 + 3 \cdot 739.0^2 \\
 &&= &1489.528 \text{ kg/cm}^2 \\
 i &< &= &2066.67 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar balok.

## 5.6.2 Perhitungan Sambungan Balok Balok Profil WF

### 5.5.3 Sambungan Rafter Puncak

Diketahui :



$S_1$  = Jarak tepi baut

$S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 5.17.** Skema Penyambungan kolom kolom

$$D = 3721.060 \text{ kg}$$

$$M = 14884.200 \text{ kgm} \rightarrow$$

Digunakan Baut A35  $f_y = 3100.0 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan Ijin Baut

$$= \frac{f_y}{1.5} = \frac{3100.000}{1.5}$$

$$= 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{tp} &= 1.5 \times &= 1.5 \times 2066.667 \\ & &= 3100.0 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0.75 \times &= 0.75 \times 2066.667 \\ & &= 1550.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipakai baut diameter} &= 5/8" = 1.588 \text{ cm} \\ &= 1.588 + 0.100 = 1.688 \text{ cm}\end{aligned}$$

Tegangan ijin geser dan tegangan ijin tumpu per satu baut :

$$\begin{aligned}\text{Ngeser} &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \tau \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 1550.000 \\ &= 3067.955 \text{ kg} \\ N_{\text{tumpu}} &= d \cdot t \cdot \sigma_p \\ &= 1.688 \cdot 1.00 \cdot 3100.00 \\ &= 5231.250 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 3067.955 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}n &= \frac{V}{N_{\text{geser}}} = \frac{3721.060}{3067.955} \\ &= 1.213 \text{ buah} \quad 10 \text{ buah}\end{aligned}$$

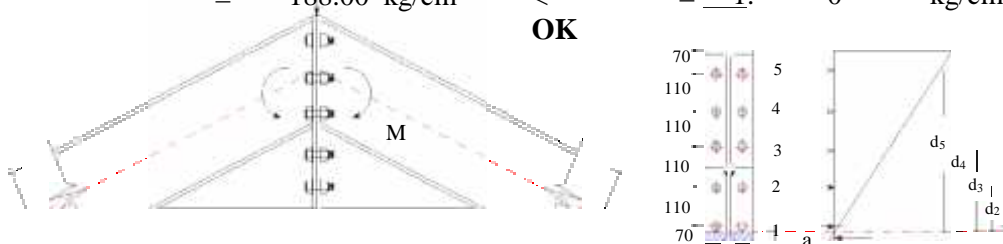
Diambil = 10 buah baut

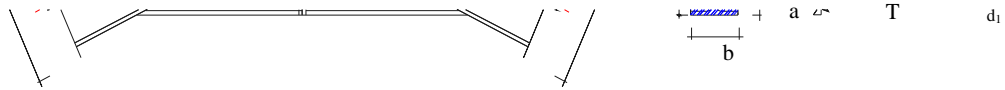
$$\begin{aligned}\text{Luas lubang baut} &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot n \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 10 \\ &= 19.793 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}&= \frac{V}{\text{luas lubang baut}} = \frac{3721.060}{19.793} = 188.00 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 188.00 \text{ kg/cm}^2 < 1.0 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

**OK**





**Gambar 5.18.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 4 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 1,5 \cdot 1,588 = 2,38 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 4,0 \cdot 1,588 = 6,35 \text{ cm} \\
 \text{Diambil jarak tepi baut} &= 7,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut diambil} &= 3 d_b - 7 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 7 \cdot 1,588 = 11,11 \text{ cm} \\
 \text{Jarak antar lubang baut} &= 11,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_b \cdot n \cdot F_b}{f_{yp} \cdot b} \\
 &= \frac{0,75 \cdot 3100,0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,979}{2400 \times 25,00} \\
 &= 1,534 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jarak ( $d$ )

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 5,4 \text{ cm} & d_4 &= 34,966 \text{ cm} \\
 d_2 &= 16,466 \text{ cm} & d_5 &= 42,466 \text{ cm} \\
 d_3 &= 27,466 \text{ cm} & d_6 &= 49,466 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 5,466^2 + 16,466^2 + 27,466^2 + 34,966^2 + 42,466^2 + 49,466^2 \\
 &= 6528,263 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{M. e \text{ terjauh}}{2. e} \\
 &= \frac{1488420. 49.466}{2. 6528} \\
 &= 5639.04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Sambungan teriris tunggal

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{axial}} &= \frac{N}{\frac{1}{4} \pi d^2} \\
 &= \frac{5639.036}{\frac{1}{4} \pi 3.14 \cdot 1.588^2} = 2850.413 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 3721.060 \text{ kg} \\
 &= \frac{3721.060}{20 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2} = 94.046 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i^{\circ} &= (\sigma_{\text{axial}})^2 + 3 \cdot V^2 < \\
 &= 2850.41^2 + 3 \cdot 94.046^2 < \\
 &= 2855.063 \text{ kg/cm}^2 < 2066.67 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Kolom

$$\text{Tebal las ditaksir (a)} = 10.0 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las (lbr)} = 41 \text{ cm}$$

$$P = N \text{ balok} = 3721.060 \text{ kg} \quad 3721 \text{ kg}$$

Beban ditahan oleh las kiri dan las kanan, masing-masing sebesar P kiri dan P kanan ,  
dimana : —

$$P_{ki} = P_{ka} = 1/2 \cdot P = 1/2 \cdot 3721.1 = 1860.550 \text{ kg}$$

$$L_n = lbr \sqrt{3} = 41 - (3 \times 1.0) = 38.0 \text{ cm}$$

$$D = P_{ki} \cdot \sin 45^{\circ} = 1860.550 \sin 45^{\circ} = 1315.608 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P}{l_{br} \cdot a} = \frac{1315.608}{41 \cdot 1.0} = 32.088 \text{ kg/cm}^2 \\
 &< \quad = 1550.00 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{l_n \cdot a} = \frac{1315.608}{38.0 \cdot 1.0} = 34.621 \text{ kg/cm}^2 \\
 &< \quad = 2066.67 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 i &= \sigma^2 + 3 \sigma^2 = 34.621^2 + 3 \cdot 32.088^2 \\
 &= 65.479 \text{ kg/cm}^2 \\
 i &< \quad = 2066.67 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Balok

$$\text{Tebal las ditaksir } a = 10 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las (lbr)} = 100 \text{ cm}$$

$$c = 1488420 \text{ kgcm}$$

$$l_n = l_{br} - 3a = 100 - 3 \times 1.0 = 97.0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 e &= 1/3 \cdot H + 1/4 \cdot 0,4 \cdot 2 \\
 &= \sqrt{1/3 \cdot 60 + 1/4 \cdot 0,4 \cdot 2} \\
 &= 20.141 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$D = \frac{\cancel{M}}{e} = \frac{1488420}{20.141} = 73898.46 \text{ kg}$$

$$D = N = D \sin 45^\circ = 73898.459 \cdot \sin 45^\circ = 52254.101 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{D}{F_{gs}} = \frac{D}{l_{br} \cdot a} = \frac{73898.46}{100 \cdot 1.0} = 738.985 \text{ kg/cm}^2 \\
 &< \quad = 1550.00 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{l_n \cdot a} = \frac{73898.46}{97.0 \cdot 1.0} = 761.840 \text{ kg/cm}^2 \\
 &< \quad = 2066.67 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$i^2 = 762^2 + 3 \cdot 739.0^2 = 1489.528 \text{ kg/cm}^2$$

$$i^2 < 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar balok.





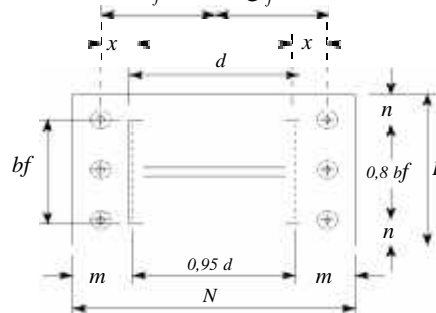




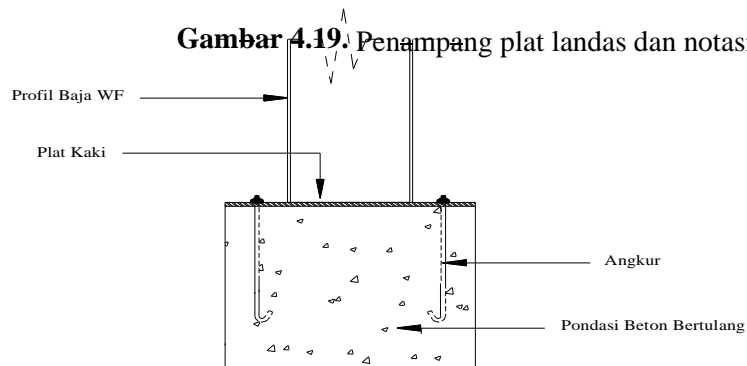


## 5.6 Perhitungan Plat Landas

|                   |   |          |                    |
|-------------------|---|----------|--------------------|
| Pondasi beton     | = | 30 x 50  | cm                 |
| $f_c'$            | = | 25       | Mpa                |
| P                 | = | 4839.99  | kg                 |
| D                 | = | 3721.060 | kg                 |
| $R_H$             | = | 3721.060 | kg                 |
| $f_y$             | = | 2400     | kg/cm <sup>2</sup> |
| $f_y \text{ las}$ | = | 3700     | kg/cm <sup>2</sup> |



**Gambar 4.19.** Penampang plat landas dan notasi



**Gambar 4.20.** Pondasi dengan ankur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(N - 0,95 \cdot d)}{2} \\
 &= \frac{50 - 0,95 \times 30}{2} \\
 &= 10.750 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{(B - 0,8 \cdot bf)}{2} \\
 &= \frac{30 - 0,80 \times 20}{2} \\
 &= 7.000 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{m}{2} = \frac{10.750}{2} = 5.375 \text{ cm}$$

$$f = \frac{d}{2} + x = \frac{30}{2} + 5.375 = 20.38 \text{ cm}$$

### Kontrol Tekan

$$A_1 = B \cdot N = 30 \times 50 = 1500.000 \text{ cm}^2$$

$$P_p = f_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 25 \cdot 1500 \cdot \frac{1500}{1500} = 37500.000 \text{ kg}$$

|          |                 |           |
|----------|-----------------|-----------|
| <b>P</b> | <b>Pp / 1.5</b> |           |
| 4,839.99 | 37500.00 / 1.5  |           |
| 4,839.99 | 25,000          | <b>OK</b> |

Untuk angkur tipe A325 : n = 6 Buah angkur

Diameter baut = 3/4" = 1.91 cm<sup>2</sup>

$$A_b = 1/4 \cdot 3.141593 \cdot 1.91^2 = 2.85 \text{ cm}^2$$

$$F_v = 414 \text{ Mpa}$$

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b}$$

$$V_{ub} = \frac{D}{n} = \frac{3721.060}{6} = 620.177 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{620.177}{2.850} = 217.588 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v \cdot A_b = 0.75 \cdot 414 \cdot 2.85 = 884.996 \text{ kg}$$

|            |                             |           |
|------------|-----------------------------|-----------|
| $V_{ub}$   | $\mathcal{F} F_v \cdot A_b$ |           |
| 620.177 kg | 884.996 kg                  | <b>OK</b> |

Perehitungan tebal plat dasar :

$$t_{\text{perlu}} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P}{B \cdot N \cdot f_y}}$$

Nilai c diambil dari nilai terbesar antara nilai  $m$  dan  $n$ , = 10.750

$$\begin{aligned} &= 1,49 \cdot 10.75 \cdot \sqrt{\frac{4.839.990}{30 \cdot 50 \cdot 2400}} \\ &= 0,587 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai tebal = 1.000 cm

Desain panjang angkur yang diperlukan

$$\begin{aligned} L &= \frac{f_y}{(4 \cdot f_c')} \cdot d_b \\ &= \frac{240}{(4 \cdot 25)} \cdot 19.050 \\ &= 228.600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang panjang angkur  $L = 250.000 \text{ mm}$

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las untuk tebal pelat kurang dari 6,4 mm :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 10 - 1,6 = 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 8

$$\begin{aligned} t_e &= 0,707 \cdot a \\ &= 0,707 \cdot 8 \\ &= 5,66 \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 8 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} .R_{nw} &= .t_e \cdot (f_{uw} / 1,5) \\ &= 5,66 (370 / 1,5) \\ &= 1395,147 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T &= 1,2D + 1,6H \\ &= 1,2 \cdot 74.42 + 1,6 \cdot 74.42 \\ &= 208.379 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{T_u \times 10^4}{.Rnw} \\ &= \frac{208.379 \times 10^4}{1395.147} \\ &= 1493.602 \text{ mm} \quad 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 5.6.3 Perhitungan Plat Landasan

#### Perencanaan Plat Landasan

$$\begin{aligned}
 \text{Pondasi beton} &= 50 \times 30 \text{ cm} ; F = 50 \times 30 = 1500 \text{ cm}^2 \\
 - f_{c'} &= 25 \text{ MPa} \\
 \text{plat (Bj 37)} &= 160 \text{ MPa} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \\
 - &= 160 \text{ MPa} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{tb angkur (Bj 37)} &= 0,3 \times f_{c'} = 7,5 \text{ MPa} = 75 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Profil kolom WF 350.250.9.14

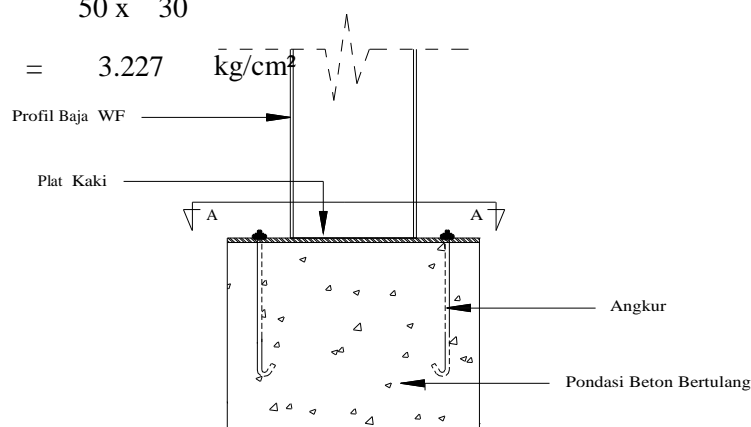
Dari data perhitungan dengan SAP2000 diperoleh

$$\begin{aligned}
 M &= 14884.20 \text{ kgm} \\
 N &= 4839.99 \text{ kg} \\
 D &= 3721.060 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{N}{F} \\
 &= \frac{4839.99}{50 \times 30}
 \end{aligned}$$

$$= 3.227 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 5.18.** Pondasi dengan angkur



Syarat dimensi plat :

$$F = \frac{N}{t_b} = \frac{4839.99}{75} = 64.5332 \text{ cm}^2$$

$$1500 \text{ cm}^2 \quad 64.5332 \text{ cm}^2$$

Dimensi landasan :

$$B = 50 \text{ cm} \quad \text{dan} \quad H = 30 \text{ cm}$$

$$a = \frac{50 - 35.0}{2} = 7.500 \text{ cm}$$

$$b = \frac{30 - 25.0}{2} = 2.500 \text{ cm}$$

Momen pada plat :

$$M_1 = (1/6) \times a \times b^2 \times$$

$$= (1/6) \times 7.50 \times 2.50^2 \times 3.227 = 25.20828 \text{ kg.cm}$$

$$M_2 = (1/6) \times B \times b^2 \times$$

$$= (1/6) \times 50.0 \times 2.50^2 \times 3.227 = 168.0552 \text{ kg.cm}$$

$M_1 < M_2$  jadi yang menentukan adalah  $M_2$

Perencanaan tebal plat :

$$- t = \frac{6 \cdot M}{B \cdot \text{plat}} = \frac{6 \times 168.055}{50 \times 1600} = 0.112 \text{ cm}$$

Jadi dipakai plat dengan tebal (t) = 1 cm

P baut angker

$$\text{baut (tarik)} = 0.75 \times 1600 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Baut angker diletakkan 1/3 dari ujung kiri

$$T = \frac{1}{2} \times 6 \times 20 \times b = \frac{1}{2} \times 6 \times 20 \times 30 = 1800 \text{ kg}$$

Dipakai 3 angker setiap sisinya, maka satu angkur memikul gaya tarik

$$P = \frac{1}{3} \times 1800 = 600 \text{ kg}$$

$$\text{tarik} = 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ maka luas tampang baut angker :}$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{P}{\text{tarik}} = \frac{600}{1200} = 0.500 \text{ cm}^2$$

Dipakai baut 3/4"

$$- 1.960 \text{ cm}^2 > 0.500 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{baut} = 19 \text{ mm}$$

$$= 5 \text{ kg/cm}^2$$

Luas bidang geser angker dengan pondasi beton

$$= 2 \times r_1 = 2 \times \frac{1.9}{2} L$$

$$\text{beton} = \frac{P}{2 \times (1.9/2) \times L} \quad 5 = \frac{600}{2 \times (1.9/2) \times L}$$

$$L = \frac{600}{5 \times 2 \times (1.9/2)} = 20.114 \text{ cm}$$

Perhitungan sambungan las kolom dengan plat landas

$$M = 1482.500 \text{ kg.m}$$

$$N = 4839.990 \text{ kg}$$

$$D = 3721.060 \text{ kg}$$

$$L \text{ total las} = 112 \text{ cm}$$

$$\text{Direncanakan tebal las } 0,6 \text{ cm, jadi tebal efektif} = 0,4 \times 0,5^2 = 0,283$$

$$\text{Luas las} = 0,283 \times 112 = 31,678 \text{ cm}^2$$

$$x = \frac{26,5}{2} = 13,250 \text{ cm}$$

$$y = \frac{26,5}{2} = 13,250 \text{ cm}$$

Perhitungan inersia las :

$$\begin{aligned} I_x &= \{2 \times [(1/12 \times 26,5 \times 0,424^3) + (26,5 \times 0,424)]\} + \{4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,5^3) + (0,424 \times 26,5)]\} + \{4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 6^3) + (0,424 \times 6)]\} + \{2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 23,5^3) + (0,424 \times 23,5)]\} \\ &= 11913,592 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= \{2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,5^3) + (26,5 \times 0,424)]\} + \{4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,5^3) + (0,424 \times 26,5)]\} + \{2 \times [(1/12 \times 26,5 \times 0,424^3) + (26,5 \times 0,424)]\} + \{2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 23,5^3) + (0,424 \times 23,5)]\} \\ &= 18261,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= I_x + I_y \\ &= 11913,592 + 18261,997 \\ &= 30175,589 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan

Akibat momen

$$\sigma_M = \frac{M \times y}{I_p} = \frac{148250,0 \times 13,250}{30175,589} = 65,096 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat momen

$$\sigma_M = \frac{M \cdot x}{I_p} = \frac{148250.0 \cdot 13.250}{30175.589} = 65.096 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat geser

$$\sigma_v = \frac{D}{A} = \frac{D}{2 \cdot b + 4 \cdot d} = \frac{3721.060}{31.678} = 117.464 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tot}} &= \sigma_v^2 + \sigma_v^2 = (65.096 + 117)^2 + 65.10^2 \\ &= 193.818 \text{ kg/cm}^2 < 960 \text{ kg/cm}^2 \text{ ..... (OK)} \end{aligned}$$

$$= 0,6 \times$$

$$= 0.6 \times 1600$$

$$= 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_{c_{\text{perlu}}} = \frac{\sigma_{\text{tot}}}{\sigma_{\text{ijin}}} = \frac{193.818}{960.0} = 0.202 \text{ (dipakai 0,5 cm)}$$

$$\text{Kaki las} = a = \frac{t_c}{0.707} = \frac{0.5}{0.707} = 0.707 \text{ cm}$$

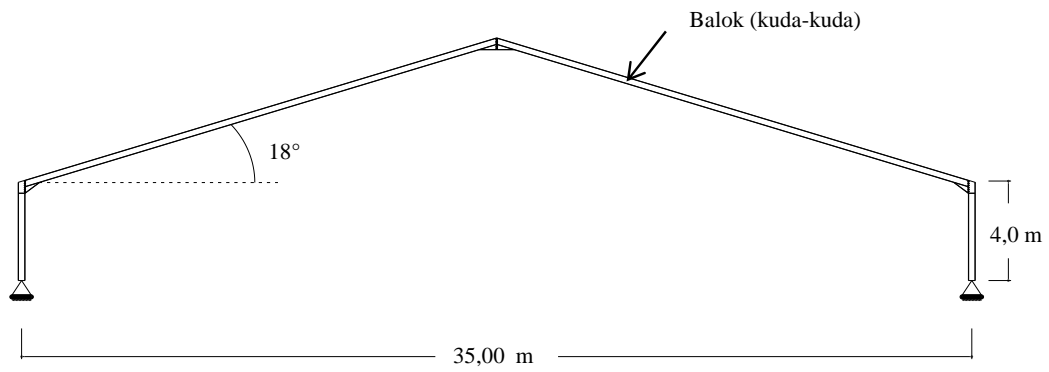
$$a = 0,707 \text{ cm} \quad (1 \text{ cm} - 0,1 \text{ cm} = 0,9 \text{ cm}) \text{ ..... (OK)}$$

**BAB V**  
**PERHITUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME METODE ASD**  
*(Allowable Stress Design)*

**5.1 Data Perencanaan**

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Bentang Kuda-Kuda           | : 35.00 meter             |
| Jenis Atap                  | : Zinalum CD 760          |
| Berat Atap                  | : 4.00 kg/m <sup>2</sup>  |
| Jarak antar kuda-kuda       | : 6.00 meter              |
| Jumlah Medan                | : 8 medan                 |
| Profil Gording direncanakan | : C : 150 . 50 . 20 . 2,3 |
| Tinggi Kolom                | : 4.00 meter              |
| Kemiringan atap             | : 18 °                    |
| Jenis Bangunan              | : Pasar                   |
| Mutu Baja BJ 37             | : 240.00 MPa              |

**5.2 Panjang Balok Kuda-kuda**



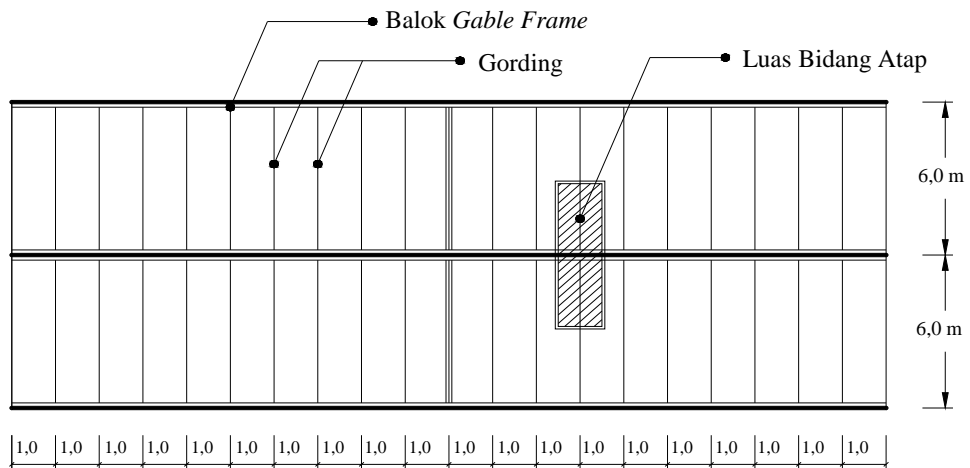
**Gambar 5.1.** Struktur Portal *Gable Frame*

5.2 Panjang balok kuda-kuda :

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok} &= \frac{17,5}{\cos 18^\circ} \\ &= 18,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak antar gording :

$$\begin{aligned} l &= \frac{18,40}{18} \\ &= 1,022 \text{ m} \longrightarrow = 1,000 \text{ m} \end{aligned}$$

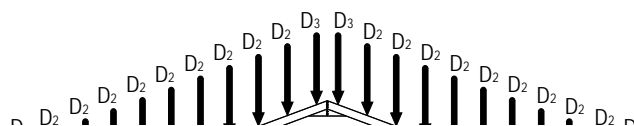


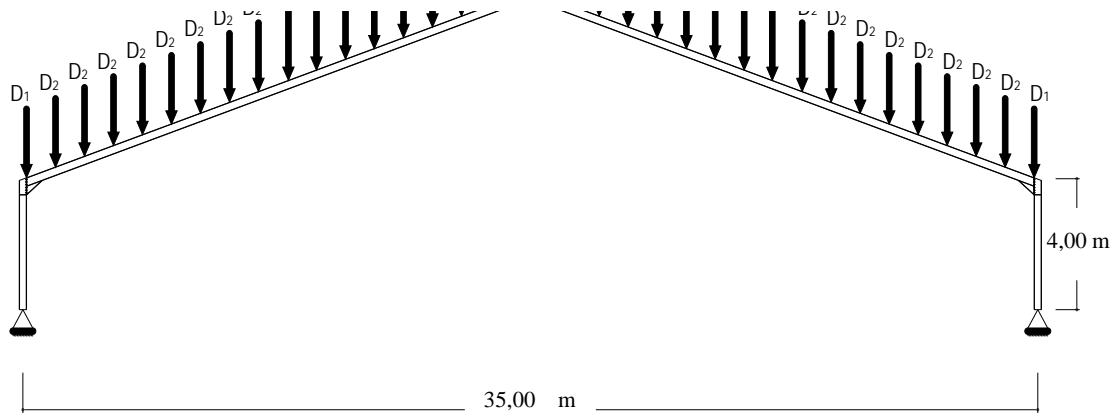
**Gambar 5.2.** Denah Atap kuda-kuda

### 5.3 Pembebanan Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

#### 5.3.1 Beban Mati (*D*)

|                             |   |   |             |
|-----------------------------|---|---|-------------|
| Beban gording Tepi          |   | = | 4.350 kg/m  |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |   |             |
|                             | : 4 x 1.00 x 6.00                       | = | 24.000 kg   |
| Berat gordi                 | : 4.350 x 6.00                          | = | 26.100 kg + |
|                             | D                                       | = | 50.100 kg   |
| Beban alat penyambung 10% D |   | = | 5.010 kg +  |
| Total beban mati            | D1                                      | = | 55.110 kg   |
| Beban gording tengah        |   |   |             |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |   |             |
|                             | : 4 x 1.00 x 6.00                       | = | 24.000 kg   |
| Berat gording               | : 4.350 x 6.00                          | = | 26.100 kg + |
|                             | D                                       | = | 50.100 kg   |
| Beban alat penyambung 10% D |   | = | 5.010 kg +  |
| Total beban mati            | D2                                      | = | 55.110 kg   |
| Beban gording puncak        |   |   |             |
| Beban atap                  | : berat penutup atap x luas bidang atap |   |             |
|                             | : 4 x (1/2 x 1.0) x 6.00                | = | 12.000 kg   |
| Berat gordi                 | : 4.350 x 6.00                          | = | 26.100 kg + |
|                             | D                                       | = | 38.100 kg   |
| Beban alat penyambung 10% D |   | = | 3.810 kg +  |
| Total beban mati            | D3                                      | = | 41.910 kg   |





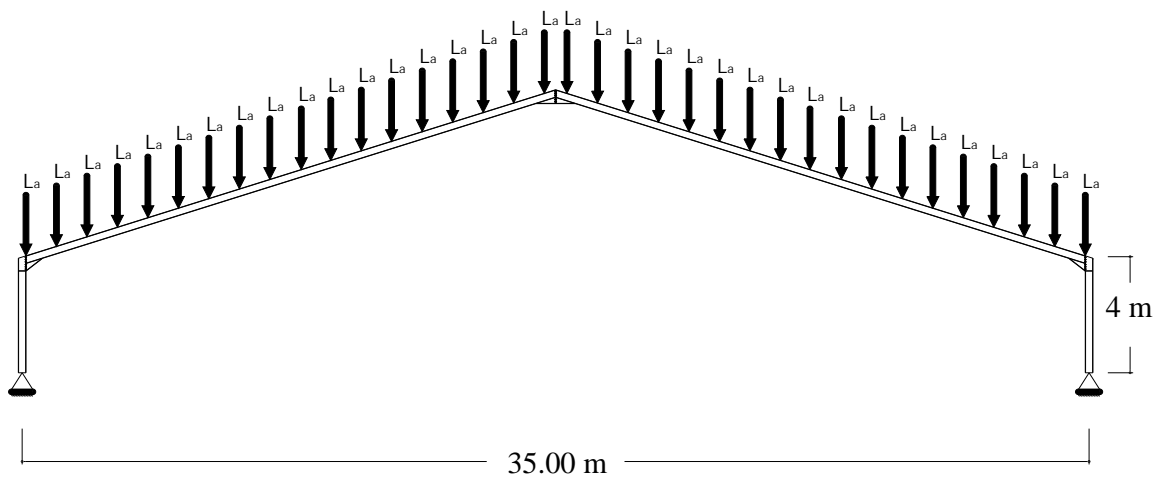
**Gambar 5.3.** Skema Pembebanan untuk beban mati

### 5.3.2 Beban Hidup ( $L_a$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13.

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatan.

Beban tepi ( $L_a$ ) : 100.00 kg



**Gambar 5.4.** Skema Pembebanan untuk beban hidup

### 5.3.3 Beban Angin ( $W$ )

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang di tinjau. Besarnya



tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>.

(Diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983; hal, 23)

Tekanan angin minimum diambil sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

$$\text{Angin tekan} = \text{Koefisien angin tekan} \times \text{tekanan angin}$$

$$= (0.02 \cdot -0.4) \times 25$$

$$= -1.0 \text{ kg/m}^2$$

$$W1 = -1 \cdot 1.00 \times 6.00$$

$$= -6.0 \text{ kg}$$

$$W2 = -1 \cdot 1.00 \times 6.00$$

$$= -6.0 \text{ kg}$$

$$W3 = -1 \cdot (1/2 \times 1.0) \times 6.00$$

$$= -3.0 \text{ kg}$$

Koefisien untuk angin hisap : (-0,4)

$$\text{Angin hisap} = \text{Koefisien angin hisap} \times \text{tekanan angin}$$

$$= -0.4 \times 25$$

$$= -10.00 \text{ kg/m}^2$$

$$W1 = -10.00 \times 1.00 \times 6.00$$

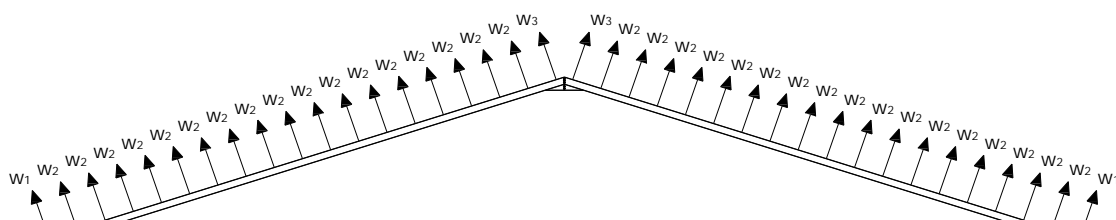
$$= -60.000 \text{ kg}$$

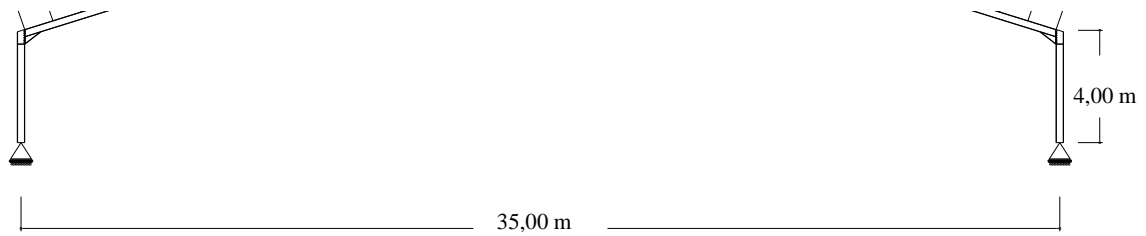
$$W2 = -10.00 \times 1.00 \times 6.00$$

$$= -60.000 \text{ kg}$$

$$W3 = -10.00 \times (1/2 \times 1) \times 6.00$$

$$= -30.000 \text{ kg}$$

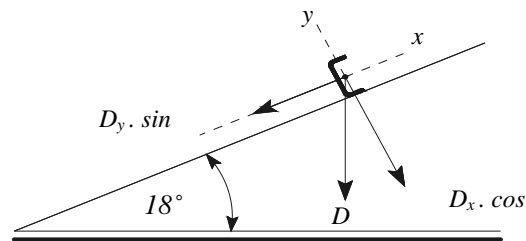




**Gambar 5.5.** Skema Pembebanan Akibat Angin

### 5.3.4 Penguraian Beban

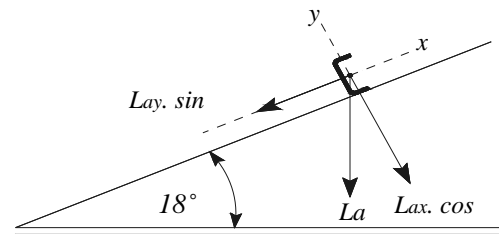
#### 1 . Beban mati (D)



**Gambar 4.6.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 D_x &= D_2 \cdot \cos & D_y &= D_2 \cdot \sin \\
 &= 55.11 \times \cos 18^\circ & &= 55.11 \times \sin 18^\circ \\
 &= 52.413 \text{ kg} & &= 17.030 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

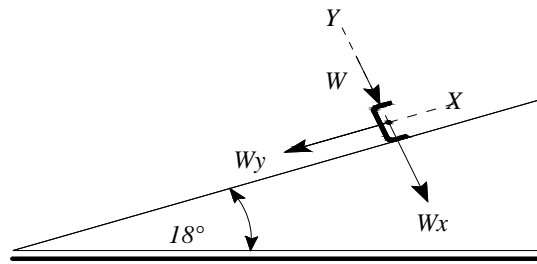
#### 2 . Beban hidup (La)



**Gambar 4.7.** Skema Pembebanan Pada Gording akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 L_{ax} &= L_a \cdot \cos & L_{ay} &= L_a \cdot \sin \\
 &= 100 \cdot \cos 18^\circ & &= 100 \cdot \sin 18^\circ \\
 &= 95.106 \text{ kg.m} & &= 30.902 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 3 . Beban Angin (W)



**Gambar 4.8.** Skema Pembebanan Pada Gording untuk beban angin

Untuk angin tekan

$$W_x = -6.000 \quad \text{kg}$$

$$W_y = 0.000 \quad \text{kg}$$

Untuk angin hisap

$$W_x = -60.000 \quad \text{kg}$$

$$W_y = 0.000 \quad \text{kg}$$

### 5.3.5 Kombinasi Pembebanan Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

Adapun spesifikasi kombinasi pembebanan (SNI 03-1729-2002):

- 1) Beban mati (D) + Beban hidup (La)
- 2) Beban mati (D) + Beban angin (W)

Dimana :

D = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)

La = Beban Hidup (Beban yang dapat bergerak)

W = Beban angin

**Tabel 5.1.** Pembebanan

| Type | D      | La     | W      |         |
|------|--------|--------|--------|---------|
| Arah | (kg)   | (kg)   | (kg)   |         |
|      |        |        | Tekan  | Hisap   |
| x    | 52.413 | 95.106 | -6.000 | -60.000 |
| y    | 17.030 | 30.902 | 0.000  | 0.000   |

### 5.3.5. Kombinasi Pembebanan

**Tabel 5.2.** kombinasi Pembebanan

| Kombinasi Beban                             | (kg)      |
|---|-----------|
| <b>1) Beban mati (D) + Beban hidup (La)</b> |           |
| Arah x : 52.413 + 95.106                    | = 147.518 |
| Arah y : 17.030 + 30.902                    | = 47.932  |
| <b>2) Beban mati (D) + Beban angin (W)</b>  |           |

$$\text{Arah } x : 52.413 + 54.000 = 106.413$$

$$\text{Arah } y : 17.030 + 0.000 = 17.030$$

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 1.

$$Q_x = 147.518 \text{ kg}$$

$$Q_y = 47.932 \text{ kg}$$

Nilai koefisien momen pada 8 medan.

(Ir. A. P. Potma, Ir. J. E. De Vries ; *Konstruksi Baja*, hal : 119)

$$1. \quad 0.078 \qquad 5. \quad 0.044$$

$$2. \quad \mathbf{0.106} \qquad 6. \quad 0.085$$

$$3. \quad 0.034 \qquad 7. \quad 0.041$$

$$4. \quad 0.077 \qquad 8. \quad 0.083$$

Diambil momen yang terbesar = 0,106

$$L \text{ gording} = 600.00 \text{ cm}$$

$$M_u = 0,106 \cdot Q \cdot L$$

$$M_{ux} = 0.106 \times 147.518 \times 600.00$$

$$= 9,382.169 \text{ kg.cm}$$

$$M_{uy} = 0.106 \times 47.932 \times 600.00$$

$$= 3,048.451 \text{ kg.cm}$$

Dicoba profil : C : 150 . 50 . 20 . 2,3

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$A = 50 \text{ mm}$$

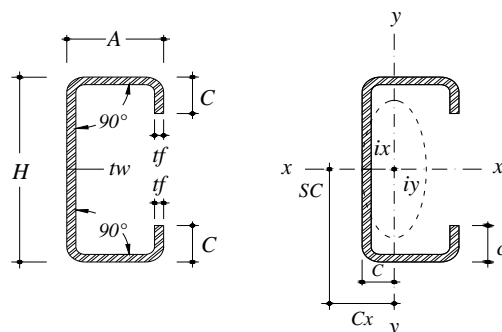
$$C = 20 \text{ mm}$$

$$t = 2.3 \text{ mm}$$

$$I_x = 210 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 22.0 \text{ cm}^4$$

$$ix = 5.77 \text{ cm}^2$$



**Gambar 5.9.** Profil Kanal

$$I_y = 1.86 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 28.0 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 6.3 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 30.19 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 5.54 \text{ cm}^3$$

Profil baja menggunakan BJ 37.

$$F_y = 240.00 \text{ MPa}$$

$$F_u = 370.00 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan :

$$= \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} = \frac{9,382.169}{28.0} + \frac{3048.451}{6.300}$$

$$= 818.96 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

**Tabel 5.3.** Batas lendutan Maksimum

| Komponen Struktur dengan beban tidak terfaktor  | Baban Tetap | Baban Sementara |
|---|-------------|-----------------|
| Balok pemikul dinding atau finishing yang getas | L/360       | -               |
| Balok biasa                                     | L/240       | -               |
| Kolom dengan analisis ordo pertama saja         | h/500       | h/200           |
| Kolom dengan analisis ordo kedua                | h/300       | h/200           |

(Sumber; SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15)

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2.500 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5 \cdot M_{ux} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \times 9,382.169 \times 600^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 210.00} = 0.84 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot M_{uy} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \times 3,048.451 \times 600^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 22.00} = 2.60 \text{ cm}$$

$$f_{max} = \sqrt{0.838^2 + 2.598^2}$$

$$= 2.730 \text{ cm} > 2.500 \text{ cm} \quad \text{NO}$$

Lendutan tidak aman maka perlu dipasang trekstang

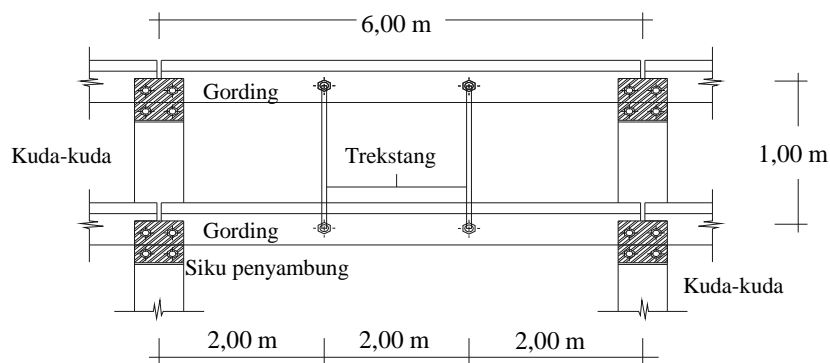
Pada arah sumbu lemah dipasang 2 buah trekstang pada bentang gording sehingga :

$$L_y = 1/3 \times \text{jarak kuda-kuda} = 1/3 \times 600.00 = 200.00 \text{ cm}$$

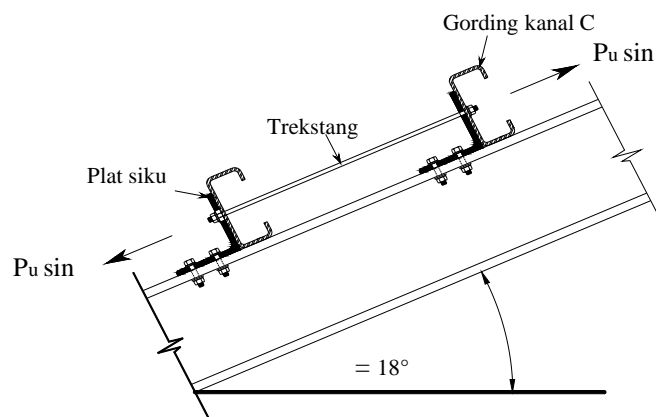
$$f_y = \frac{5 \cdot M_{uy} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \times 3,048.451 \times 200^2}{48 \times 2 \cdot 10^6 \times 22.00} = 0.29 \text{ cm}$$

$$f_{max} = \sqrt{0.838^2 + 0.289^2}$$

$$= 0.886 \text{ cm} > 2.500 \text{ cm} \quad \text{OK}$$



**Gambar 5.10.** jarak antar trekstang pada gording ( $L_y$ )



**Gambar 5.11.** Gaya tarik trekstang

Perhitungan Trekstang

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 D_2 + 1,6 L_a \\
 &= 1,2 \times 55.110 + 1,6 \times 100.000 \\
 &= 226.132 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \sin &= \frac{226.132}{\sin 18^\circ} \\
 &= 731.779 \text{ kg} \\
 &= 7317.785 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P_u = f_y \cdot A_g \quad \text{Untuk tegangan leleh} = 0.9$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y} = \frac{7.317.785}{0.9 \cdot 240} = 33.879 \text{ mm}^2$$

$$\text{Untuk tegangan putus} = 0.75$$

$$P_u = f_y \cdot 0,75 \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{f_y \cdot 0,75} = \frac{7.317.785}{0,75 \cdot 240 \cdot 0,75} = 54.206 \text{ mm}^2 \quad \text{Menentukan}$$

$$A_g = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 54.206 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \cdot \pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{54.206}{1/4 \cdot \pi}}
 \end{aligned}$$

$$= 8.308 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan trekstang dengan} = 10.0 \text{ mm}$$

**Tabel 5.4.** Pembagian beban Kuda-kuda

| Type | D | La | W <sub>Tekan</sub> | W <sub>Hisap</sub> |
|------|---|----|--------------------|--------------------|
|------|---|----|--------------------|--------------------|

| <b>Beban</b> | <b>(kg)</b> | <b>(kg)</b> | <b>(kg)</b> | <b>(kg)</b> |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tepi         | 55.110      | 100.000     | -6.000      | -60.000     |
| Tengah       | 55.110      | 100.000     | -6.000      | -60.000     |
| Puncak       | 41.910      | 100.000     | -3.000      | -30.000     |

**Tabel 5.5.** kombinasi Pembebanan Kuda-kuda

| <b>Kombinasi Beban</b>                      |                  | <b>(kg)</b> |
|---|------------------|-------------|
| <b>1) Beban mati (D) + Beban hidup (La)</b> |                  |             |
| <i>Tepi</i>                                 | 55.110 + 100.000 | = 155.110   |
| <i>Tengah</i>                               | 55.110 + 100.000 | = 155.110   |
| <i>Puncak</i>                               | 41.910 + 100.000 | = 141.910   |
| <b>2) Beban mati (D) + Beban angin (W)</b>  |                  |             |
| <i>Tepi</i>                                 | 55.110 + 54.000  | = 109.110   |
| <i>Tengah</i>                               | 55.110 + 54.000  | = 109.110   |
| <i>Puncak</i>                               | 41.910 + 27.000  | = 68.910    |

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 1.



## 5.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

### 5.4.1 Perhitungan Momen Portal *Gable Frame*

Perhitungan Momen digunakan program bantu SAP2000 untuk mendapatkan nilai-nilai momen struktur *gable frame* yang diakibatkan beban mati termasuk berat sendiri, beban hidup, dan beban angin dengan menggunakan baja profil WF.

### 5.4.2 Perhitungan Balok dan Kolom

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan SAP2000.

Dicoba dengan menggunakan profil WF 350.175.7.11, didapat :

$$N = 4537.72 \text{ kg}$$

$$M = 13960.31 \text{ kg.m}$$

$$D = 3490.08 \text{ kg}$$

Dengan Kontrol Tegangan :

$$= 1929.380 \text{ kg/cm}^2 > - = 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Tidak Aman})$$

(Perhitungan dapat dilihat di lampiran)

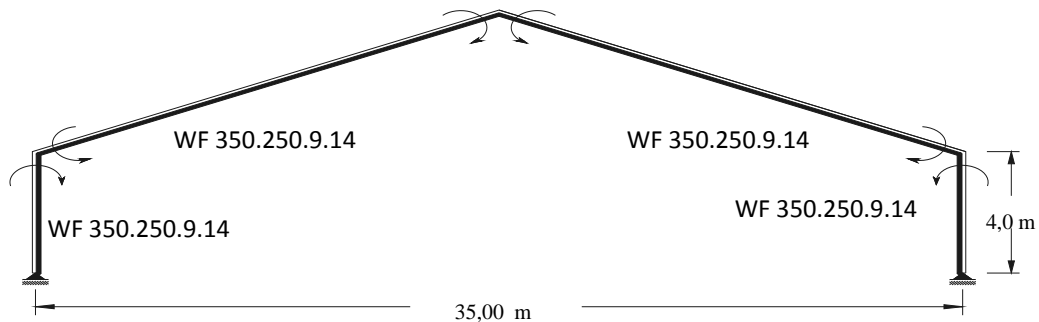
Sehingga dibutuhkan dimensi yang lebih besar dan dipakai profil WF 350.250.9.14, didapat :

$$N = 4839.99 \text{ kg}$$

$$M = 14884.20 \text{ kg.m}$$

$$D = 3721.06 \text{ kg}$$

Dengan panjang balok = 18.401 m



**Gambar 5.12.** Portal *Gable Frame*

### 1. Perhitungan Lentur

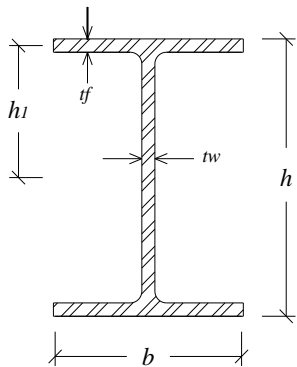
Dengan menggunakan profil *Wide Flange* (WF) : 350.250.9.14

Profil baja menggunakan BJ 37.

$$f_y = 240 \text{ MPa} \quad f_u = 410 \text{ MPa}$$

$$- = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Data profil :



|       |     |                     |       |                   |                       |
|-------|-----|---------------------|-------|-------------------|-----------------------|
| $g$   | $=$ | $79.7 \text{ kg/m}$ | $F$   | $=$               | $101.50 \text{ cm}^2$ |
| $h$   | $=$ | $35 \text{ cm}$     | $I_x$ | $=$               | $21700 \text{ cm}^4$  |
| $b$   | $=$ | $25 \text{ cm}$     | $I_y$ | $=$               | $3650 \text{ cm}^4$   |
| $t_w$ | $=$ | $0.9 \text{ cm}$    | $w_x$ | $=$               | $1208 \text{ cm}^3$   |
| $t_f$ | $=$ | $1.4 \text{ cm}$    | $w_y$ | $=$               | $292 \text{ cm}^3$    |
| $h_1$ | $=$ | $18 - 0.70$         | $=$   | $16.8 \text{ cm}$ |                       |

### Kontrol stabilitas penampang

$$1.) \frac{h}{t_f} \quad 75$$

$$\frac{35}{1.4} \quad 75$$

$$25.0 \quad 75 \quad \text{..... OK}$$

$$2.) \frac{L}{h} \quad \frac{1.25 \cdot b}{t_w}$$

$$\frac{1840.06}{35} \quad \frac{1.25 \cdot 25}{0.90}$$

$$52.573 \quad 34.722 \quad \text{OK} \quad (\text{Penampang kompak})$$

### Kontrol Tegangan :

$$\text{yang terjadi} = \frac{M}{w_x} = \frac{1488420.0}{1208} = 1232.136 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{yang terjadi} < \text{—} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

### Kontrol geser :

$$S_x = (b \times t_w \times h_1) + (t_f \times (h_1 - t_f/2) \times (h_1 - t_f/2)/2)$$

$$= (25 \cdot 0.9 \cdot 16.8) + (1.4 \cdot ((16.8 - 1.4/2)) \times ((16.8 - 1.4/2))/2)$$

$$= 378.0 + 22.54 \times 8.050 = 559.447 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 - &= 0.60 \cdot - = 0.60 \cdot 1600.00 = 960 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{V \cdot S_x}{t_w \cdot I_x} = \frac{3721.060 \cdot 559.447}{0.9 \cdot 21700.0} = 106.592 \text{ kg/cm}^2 \\
 &\qquad\qquad\qquad < - \\
 106.592 &< 960 \quad \quad \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

### Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{1}{250} \times L \\
 &= \frac{1}{250} \times 1840.059 = 7.36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lendutan maksimum yang didapat dari perhitungan program bantu SAP2000 adalah (fmax) : 3.41 cm

$$f_{max} < f_{ijin} \quad (\text{Lendutan aman})$$

(Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal 106)

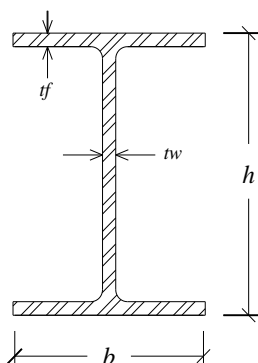
## **2. Perhitungan Tekan**

Dengan menggunakan profil baja WF 350.250.9.14

$$M = 14884.20 \text{ kgm} \qquad L = 4.0 \text{ m}$$

$$P = 4839.990 \text{ kg}$$

Data profil :



|       |     |                     |       |     |                       |
|-------|-----|---------------------|-------|-----|-----------------------|
| $g$   | $=$ | $79.7 \text{ kg/m}$ | $F$   | $=$ | $101.50 \text{ cm}^2$ |
| $h$   | $=$ | $35 \text{ cm}$     | $I_x$ | $=$ | $21700 \text{ cm}^4$  |
| $b$   | $=$ | $25.0 \text{ cm}$   | $I_y$ | $=$ | $3650 \text{ cm}^4$   |
| $i_x$ | $=$ | $14.6 \text{ cm}$   | $w_x$ | $=$ | $1208 \text{ cm}^3$   |
| $i_y$ | $=$ | $6.0 \text{ cm}$    | $w_y$ | $=$ | $292 \text{ cm}^3$    |

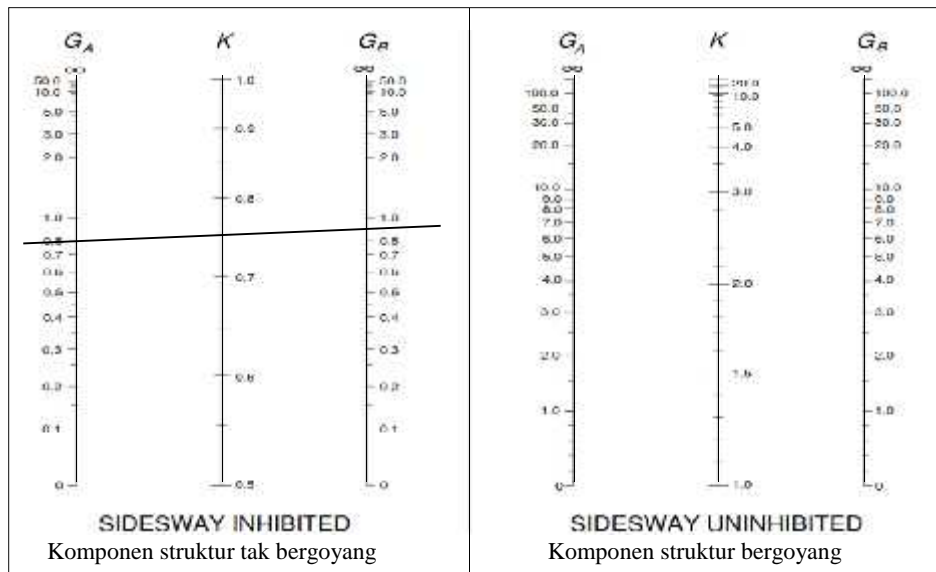
Kelangsingan pada arah sumbu bahan

Faktor panjang efektif  $K$ , ditentukan dengan menggunakan faktor  $G$ .

**Kondisi tumpuan jepit-sendiri**

$$G_A = 0.8$$

$$G_B = \frac{(I/L)_{\text{kolom}}}{(I/L)_{\text{balok}}} = \frac{108500.0}{117934.8} = 0.920$$



(Sumber; AISC, ASD-LRFD; Manual Of Steel Counstruction, second edition; Column Design 3-6)

**Gambar 5.13.** Monogram faktor panjang tekuk

Dari nomogram didapat nilai  $k$  faktor panjang tekuk

$$k = 0.76$$

Kelangsingan pada arah sumbu bahan.

$$x = \frac{K \cdot L_x}{i_x} ; \quad y = \frac{K \cdot L_y}{i_y}$$

dimana :  $L_x, L_y$  = panjang komponen struktur tekan arah  $x$  dan arah  $y$

$K$  = faktor panjang tekuk

$i_x, i_y$  = jari-jari girasi komponen struktur

$$\frac{K \cdot L_x}{i_x} = \frac{0.76 \times 4000.0}{146.00} = 20.822$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{0.76 \times 4000.0}{60.00} = 50.667$$

$$s = \frac{(K.Lx)/ix}{\sqrt{\frac{fy}{E}}} = \frac{20.822}{3.14} \sqrt{\frac{240.0}{210,000}} = 0.224$$

Besarnya ditentukan nilai  $s$ .

$$s < 0,183 \quad \text{maka} \quad = 1$$

$$0,183 < s < 1 \quad \text{maka} \quad = \frac{1.41}{1,593 - s}$$

$$s > 1 \quad \text{maka} \quad = 2,381 s^2$$

(Sumber; Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal: 9)

$$= \frac{1.41}{1.593 - s} = \frac{1.41}{1.593 - 0.224} = 1.030$$

Kontrol tegangan

$$= \frac{P}{F} + \frac{M}{W_x} < -$$

$$= 1.030 \cdot \frac{4839.990}{101.5} + \frac{1488420.0}{1208} = 1318.209 \text{ kg/cm}^2$$

$$< -$$

$$1318.21 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

Jadi profil WF : 350.250.9.14 mencukupi untuk memikul beban sesuai dengan ASD.

## 5.5 Perhitungan Sambungan Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

### 5.5.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF

Data Perencanaan profil WF

Balok WF

Tinggi balok ( $d$ ) = 350 mm

Lebar balok ( $b$ ) = 250 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm

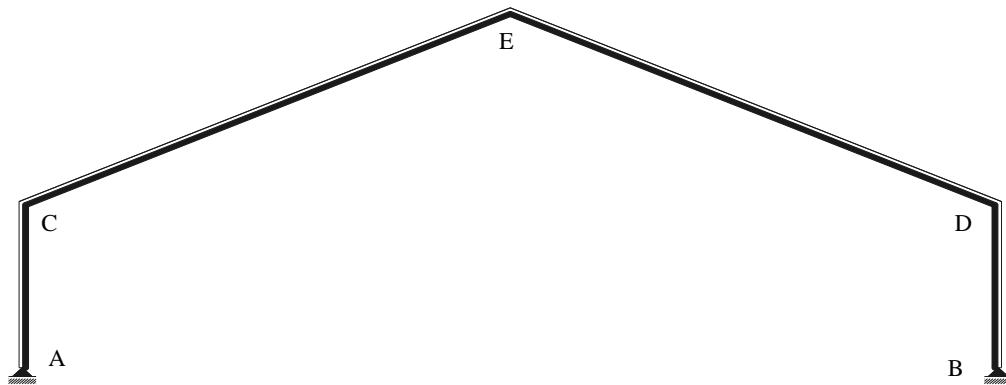
Kolom WF

Tinggi kolom ( $d$ ) = 350 mm

Lebar kolom ( $b$ ) = 250 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 9 mm

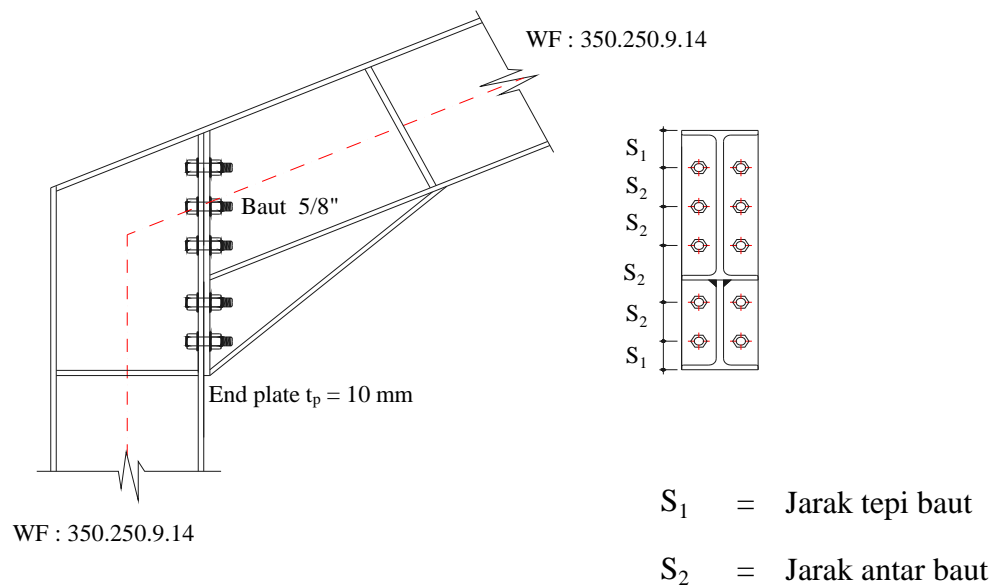
Tebal flange ( $t_f$ ) = 14 mm



**Gambar 5.14.** Penamaan sambungan

### 5.5.2 Sambungan Rafter Tepi

Diketahui :



**Gambar 5.15.** Skema Penyambungan Kolom Balok

$$D = 3721.060 \text{ kg}$$

$$M = 14884.200 \text{ kgm}$$

$$\text{Digunakan Baut A35} \longrightarrow f_y = 3100.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma} = \frac{f_y}{1.5} = \frac{3100.000}{1.5} = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_p = 1.5 \times \bar{\sigma} = 1.5 \times 2066.667 = 3100.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma} = 0.6 \times \bar{\sigma} = 0.6 \times 2066.667 = 1240.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Dipakai baut diameter} &= 5/8" = 1.588 \text{ cm} \\ &= 1.588 + 0.100 = 1.688 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{geser}} &= \frac{\quad}{4} \cdot d^2 \cdot \quad \\ &= 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \times 1240.000 \\ &= 2454.364 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{tumpu}} &= d \cdot s \cdot t_p \\ &= 1.688 \cdot 0.80 \cdot 3100.00 \\ &= 4185.000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 2454.364 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}n &= \frac{D}{N} = \frac{3721.060}{2454.364} \\ &= 1.516 \text{ buah} \quad 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

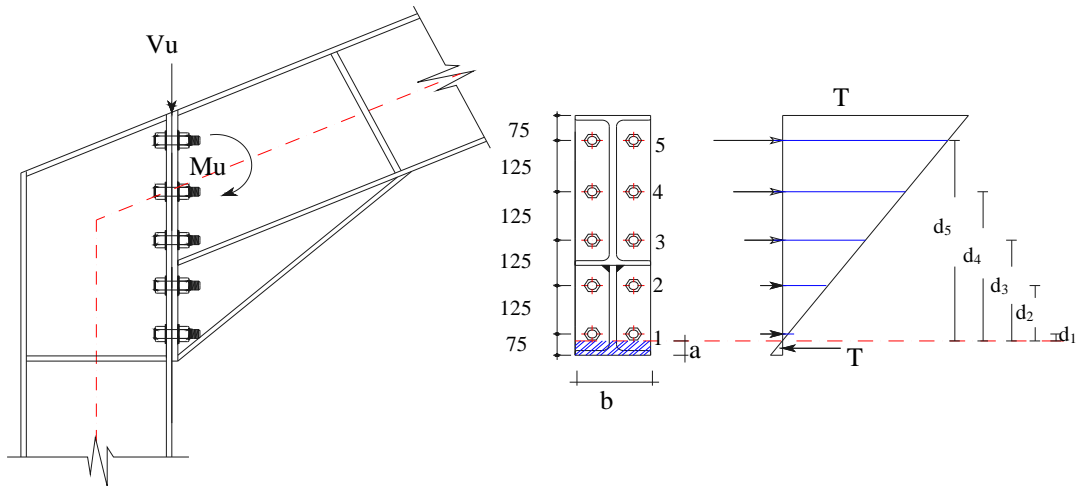
Diambil = 10 buah baut

$$\begin{aligned}\text{Luas lubang baut} &= \frac{\quad}{4} \cdot d^2 \cdot n \\ &= 1/4 \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 10 \\ &= 19.793 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}&= \frac{D}{\text{luas lubang baut}} = \frac{3721.060}{19.793} = 187.996 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 188.00 \text{ kg/cm}^2 < \quad = 1240 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}\end{aligned}$$





**Gambar 5.16.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 3 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 1,5 \cdot 1,588 = 2,381 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 3 \cdot 1,588 = 4,763 \text{ cm} \\
 \text{Diambil jarak tepi baut} &= 7,50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut diambil} &= 3 d_b - 7 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 3 \cdot 1,588 = 4,763 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 7 \cdot 1,588 = 11,113 \text{ cm} \\
 \text{Jarak antar lubang baut} &= 12,50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_b \cdot n \cdot F_b}{f_{yp} \cdot b} \\
 &= \frac{0,75 \cdot 3100 \cdot 0 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 1,979}{2400 \times 25,00} \\
 &= 0,767 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jarak ( $d$ )

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 6,733 \text{ cm} & d_4 &= 39,233 \text{ cm} \\
 d_2 &= 19,233 \text{ cm} & d_5 &= 46,733 \text{ cm} \\
 d_3 &= 31,733 \text{ cm} & d_6 &= 54,233 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$d = 6.733^2 + 19.233^2 + 31.733^2 + 39.233^2 + 46.733^2 + 54.233^2$$

$$= 8086.649 \text{ cm}^2$$

$$N = \frac{M \cdot d \text{ terjauh}}{2 \cdot e}$$

$$= \frac{14884.20 \cdot 54}{2 \cdot 8087} = 49.910 \text{ kg}$$

#### Sambungan teriris tunggal

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{N}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$= \frac{49.910}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2} = 25.229 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_C = 3721.060 \text{ kg}$$

$$= \frac{3721.060}{20 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = 94.046 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{i^o} = \sqrt{(\sigma_{\text{axial}})^2 + 3 \cdot \tau^2} < \sigma_{\text{allow}}^{\text{--}}$$

$$= \sqrt{25.229^2 + 3 \cdot 94.046^2} < \sigma_{\text{allow}}^{\text{--}}$$

$$= 164.834 \text{ kg/cm}^2 < 2066.667 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Kolom

$$\text{Tebal las ditaksir } a = 10 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las (lbr)} = 41 \text{ cm}$$

$$P = N \text{ balok} = 3721.06 \text{ kg} = 3721 \text{ kg}$$

Beban ditahan oleh las kiri dan las kanan, masing-masing sebesar P kiri dan P kanan ,  
dimana :

$$P_{ki} = P_{ka} = 1/2 \cdot P = 1/2 \cdot 1962 = 1861 \text{ kg}$$

$$L_n = \text{lbr} - 3 = 41 - (3 \times 1.0) = 38.0 \text{ cm}$$

$$D = P_{ki} \cdot \sin 45^\circ = 1860.530 \cdot \sin 45^\circ = 1315.593 \text{ kg}$$

$$= \frac{P}{l_{br} \cdot a} = \frac{1315.593}{41 \cdot 1.0} = 32.088 \text{ kg/cm}^2$$

$$< \text{---} = 1240.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{I_n \cdot a} = \frac{1315.593}{38.0 \cdot 1.0} = 34.621 \text{ kg/cm}^2$$

$$< \text{---} = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol :

$$i = \sqrt{2^2 + 3^2} = \sqrt{34.621^2 + 3 \cdot 32.088^2} = 65.479 \text{ kg/cm}^2$$

$$i < \text{---} = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Balok

$$\text{Tebal las ditaksir } a = 10.0 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las (lbr)} = 100 \text{ cm}$$

$$M_c = 1488420 \text{ kg.cm}$$

$$L_n = l_{br} - 3 = 100 - 3 \times 1.0 = 97 \text{ cm}$$

$$e = 1/3 \cdot H + 1/4 \cdot 0,4 \cdot 2$$

$$= 1/3 \cdot 60 + 1/4 \cdot 0,4 \cdot 2$$

$$= 20.141 \text{ cm}$$

$$D = \frac{M}{e} = \frac{1488420}{20.141} = 73898.459 \text{ kg}$$

$$D = N = D \sin 45^\circ = 73898.459 \cdot \sin 45^\circ = 52254.101 \text{ kg}$$

$$= \frac{D}{F_{gs}} = \frac{D}{l_{br} \cdot a} = \frac{73898.459}{100 \cdot 1.0} = 738.985 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 &< \quad \text{---} \quad = \quad 1240.00 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{In \cdot a} = \frac{73898.459}{97.0 \cdot 1.0} = 761.840 \text{ kg/cm}^2 \\
 &< \quad \text{---} \quad = \quad 2066.67 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

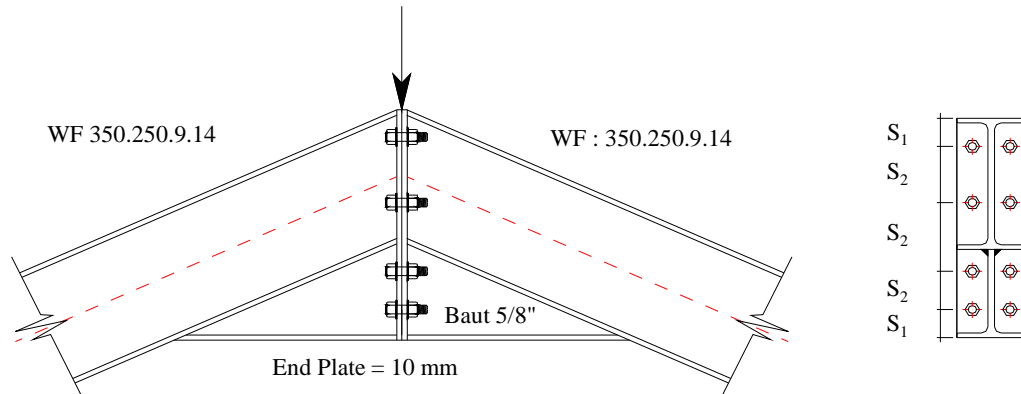
$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{2^2 + 3^2} = \sqrt{762^2 + 3 \cdot 739.0^2} \\
 &= 1489.528 \text{ kg/cm}^2 \\
 i &< \quad \text{---} \quad = \quad 2066.67 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar balok.

## 5.6.2 Perhitungan Sambungan Balok Balok Profil WF

### 5.5.3 Sambungan Rafter Puncak

Diketahui :



$S_1$  = Jarak tepi baut

$S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 5.17.** Skema Penyambungan kolom kolom

$$D = 3721.060 \text{ kg}$$

$$M = 14884.200 \text{ kgm}$$

Digunakan Baut A35  $\longrightarrow f_y = 3100.0 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan Ijin Baut

$$\begin{aligned} - &= \frac{f_y}{1.5} = \frac{3100.000}{1.5} \\ &= 2066.67 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_p &= 1.5 \times - &= 1.5 \times 2066.667 \\ & &= 3100.0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - &= 0.75 \times - &= 0.75 \times 2066.667 \\ & &= 1550.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipakai baut diameter} &= 5/8" = 1.588 \text{ cm} \\ &= 1.588 + 0.100 = 1.688 \text{ cm}\end{aligned}$$

Tegangan ijin geser dan tegangan ijin tumpu per satu baut :

$$\begin{aligned}N_{\text{geser}} &= \frac{V}{4} \cdot d^2 \cdot \tau \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 1550.000 \\ &= 3067.955 \text{ kg} \\ N_{\text{tumpu}} &= d \cdot t \cdot \sigma_p \\ &= 1.688 \cdot 1.00 \cdot 3100.00 \\ &= 5231.250 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil adalah akibat geser sebesar  $= 3067.955 \text{ kg}$

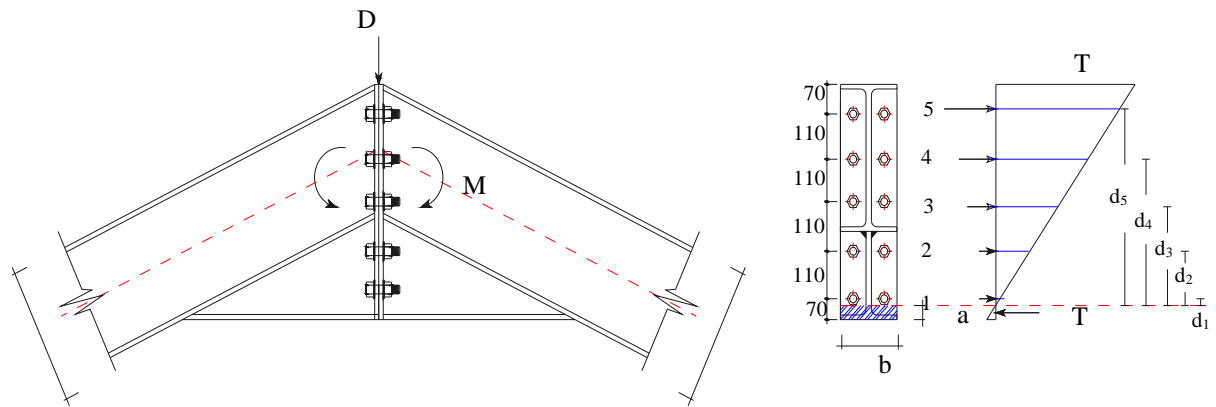
Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}n &= \frac{V}{N_{\text{geser}}} = \frac{3721.060}{3067.955} \\ &= 1.213 \text{ buah} \quad 10 \text{ buah} \\ \text{Diambil} &= 10 \text{ buah baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas lubang baut} &= \frac{V}{4} \cdot d^2 \cdot n \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.588^2 \cdot 10 \\ &= 19.793 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}&= \frac{V}{\text{luas lubang baut}} = \frac{3721.060}{19.793} = 188.00 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 188.00 \text{ kg/cm}^2 < \tau = 1550.0 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$



**Gambar 5.18.** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi baut diambil} &= 1,5 d_b - 4 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 1,5 \cdot 1,588 = 2,38 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 4,0 \cdot 1,588 = 6,35 \text{ cm} \\
 \text{Diambil jarak tepi baut} &= 7,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut diambil} &= 3 d_b - 7 d_b \\
 \text{Jarak minimum} &= 3 \cdot 1,588 = 4,76 \text{ cm} \\
 \text{Jarak maksimum} &= 7 \cdot 1,588 = 11,11 \text{ cm} \\
 \text{Jarak antar lubang baut} &= 11,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_b \cdot n \cdot F_b}{f_{yp} \cdot b} \\
 &= \frac{0,75 \cdot 3100,0 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,979}{2400 \times 25,00} \\
 &= 1,534 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jarak ( $d$ )

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 5,466 \text{ cm} & d_4 &= 34,966 \text{ cm} \\
 d_2 &= 16,466 \text{ cm} & d_5 &= 42,466 \text{ cm} \\
 d_3 &= 27,466 \text{ cm} & d_6 &= 49,466 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 5,466^2 + 16,466^2 + 27,466^2 + 34,966^2 + 42,466^2 + 49,466^2 \\
 &= 6528,263 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{M. e \text{ terjauh}}{2. e} \\
 &= \frac{1488420. 49.466}{2. 6528} \\
 &= 5639.04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Sambungan teriris tunggal

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{axial}} &= \frac{N}{\frac{1}{4} \pi d^2} \\
 &= \frac{5639.036}{\frac{1}{4} \pi 3.14 \cdot 1.588^2} = 2850.413 \text{ kg/cm}^2 \\
 V &= 3721.060 \text{ kg} \\
 &= \frac{3721.060}{20 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2} = 94.046 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{i^{\circ}} &= \sqrt{(\sigma_{\text{axial}})^2 + 3 \tau^2} < \sigma_{\text{allow}} \\
 &= \sqrt{2850.41^2 + 3 \cdot 94.046^2} < 2066.67 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK} \\
 &= 2855.063 \text{ kg/cm}^2 < 2066.67 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Kolom

$$\text{Tebal las ditaksir (a)} = 10.0 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las(lbr)} = 41 \text{ cm}$$

$$P = N \text{ balok} = 3721.060 \text{ kg} \quad 3721 \text{ kg}$$

Beban ditahan oleh las kiri dan las kanan, masing-masing sebesar P kiri dan P kanan ,  
dimana :

$$P_{ki} = P_{ka} = 1/2 \cdot P = 1/2 \cdot 3721.1 = 1860.550 \text{ kg}$$

$$L_n = lbr - 3 = 41 - ( 3 \times 1.0 ) = 38.0 \text{ cm}$$

$$D = P_{ki} \cdot \sin 45^{\circ} = 1860.550 \sin 45^{\circ} = 1315.608 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{P}{l_{br} \cdot a} = \frac{1315.608}{41 \cdot 1.0} = 32.088 \text{ kg/cm}^2 \\
&< - = 1550.00 \text{ kg/cm}^2 \\
&= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{I_n \cdot a} = \frac{1315.608}{38.0 \cdot 1.0} = 34.621 \text{ kg/cm}^2 \\
&< - = 2066.67 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
i &= \sqrt{2^2 + 3^2} = \sqrt{34.621^2 + 3 \cdot 32.088^2} \\
&= 65.479 \text{ kg/cm}^2 \\
i &< - = 2066.67 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom

#### Perhitungan Las Pelat Sambungan Arah Sejajar Balok

Tebal las ditaksir  $a = 10 \text{ mm} = 1.0 \text{ cm}$

Panjang las(lbr) = 100 cm

$c = 1488420 \text{ kgcm}$

$L_n = l_{br} - 3 = 100 - 3 \times 1.0 = 97.0 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
e &= 1/3 \cdot H + 1/4 \cdot 0,4 \cdot 2 \\
&= 1/3 \cdot 60 + 1/4 \cdot 0,4 \cdot 2 \\
&= 20.141 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$D = \frac{M}{e} = \frac{1488420}{20.141} = 73898.46 \text{ kg}$$

$D = N = D \sin 45^\circ = 73898.459 \cdot \sin 45^\circ = 52254.101 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
&= \frac{D}{F_{gs}} = \frac{D}{l_{br} \cdot a} = \frac{73898.46}{100 \cdot 1.0} = 738.985 \text{ kg/cm}^2 \\
&< - = 1550.00 \text{ kg/cm}^2 \\
&= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{I_n \cdot a} = \frac{73898.46}{97.0 \cdot 1.0} = 761.840 \text{ kg/cm}^2 \\
&< - = 2066.67 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\sigma_i = \sqrt{f_t^2 + 3 \sigma^2} = \sqrt{762^2 + 3 \cdot 739.0^2}$$

$$= 1489.528 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i < \sigma_{\text{ijin}} = 2066.67 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar balok.



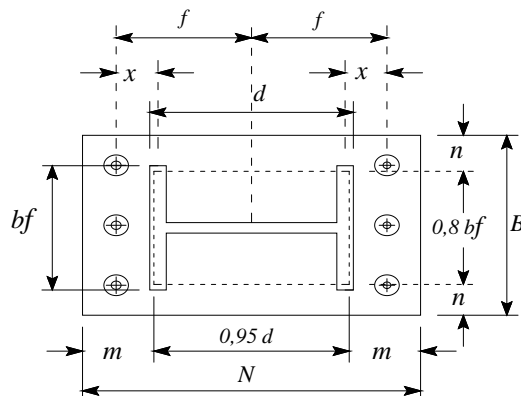




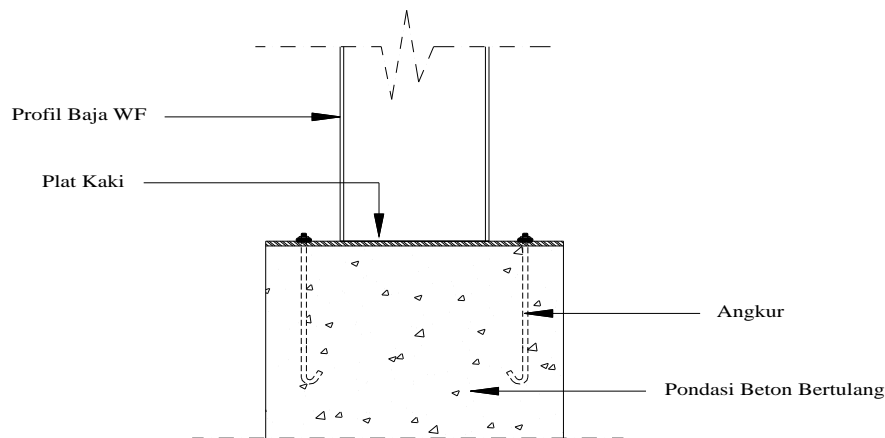


## 5.6 Perhitungan Plat Landas

|                   |   |          |                    |
|-------------------|---|----------|--------------------|
| Pondasi beton     | = | 30 x 50  | cm                 |
| $f_c'$            | = | 25       | Mpa                |
| P                 | = | 4839.99  | kg                 |
| D                 | = | 3721.060 | kg                 |
| $R_H$             | = | 3721.060 | kg                 |
| $f_y$             | = | 2400     | kg/cm <sup>2</sup> |
| $f_y \text{ las}$ | = | 3700     | kg/cm <sup>2</sup> |



**Gambar 4.19.** Penampang plat landas dan notasi



**Gambar 4.20.** Pondasi dengan angkur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(N - 0,95 \cdot d)}{2} \\
 &= \frac{50 - 0,95 \times 30}{2} \\
 &= 10.750 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{(B - 0,8 \cdot bf)}{2} \\
 &= \frac{30 - 0,80 \times 20}{2} \\
 &= 7.000 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{m}{2} = \frac{10.750}{2} = 5.375 \text{ cm}$$

$$f = \frac{d}{2} + x = \frac{30}{2} + 5.375 = 20.38 \text{ cm}$$

### Kontrol Tekan

$$A_1 = B \cdot N = 30 \times 50 = 1500.000 \text{ cm}^2$$

$$P_p = f_c' \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 25 \cdot 1500 \cdot \sqrt{\frac{1500}{1500}} = 37500.000 \text{ kg}$$

|          |                 |           |
|----------|-----------------|-----------|
| <b>P</b> | <b>Pp / 1.5</b> |           |
| 4,839.99 | 37500.00        | / 1.5     |
| 4,839.99 | 25,000          | <b>OK</b> |

Untuk angkur tipe A325 : n = 6 Buah angkur

Diameter baut = 3/4" = 1.91 cm<sup>2</sup>

$$A_b = 1/4 \cdot 3.1415927 \cdot 1.91^2 = 2.85023 \text{ cm}^2$$

$$F_v = 414 \text{ Mpa}$$

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b}$$

$$V_{ub} = \frac{D}{n} = \frac{3721.060}{6} = 620.177 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{620.177}{2.850} = 217.588 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v \cdot A_b = 0.75 \cdot 414 \cdot 2.85 = 884.996 \text{ kg}$$

|            |                 |           |
|------------|-----------------|-----------|
| $V_{ub}$   | $F_v \cdot A_b$ |           |
| 620.177 kg | 884.996 kg      | <b>OK</b> |



Perehitungan tebal plat dasar :

$$t_{\text{perlu}} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P}{B \cdot N \cdot f_y}}$$

Nilai c diambil dari nilai terbesar antara nilai  $m$  dan  $n$ , = 10.750

$$= 1.49 \times 10.75 \cdot \sqrt{\frac{4,839.990}{30 \cdot 50 \cdot 2400}}$$

$$= 1.49 \times 10.75 \cdot \sqrt{\frac{4,839.990}{3,600,000}}$$

$$= 0.587 \text{ cm}$$

Dipakai tebal = 1.000 cm

Desain panjang angkur yang diperlukan

$$\begin{aligned} L &= \frac{f_y}{(4 \cdot \sqrt{f_c'})} \times d_b \\ &= \frac{240}{(4 \cdot \sqrt{25})} \times 19.050 \\ &= 228.600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang panjang angkur  $L = 250.000 \text{ mm}$

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las untuk tebal pelat kurang dari 6,4 mm :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 10 - 1,6 = 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan las ukuran 8

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.66 \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 8 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} .R_{nw} &= .t_e \cdot (fuw / 1,5) \\ &= 5.66 (370 / 1.5) \\ &= 1395.147 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T &= 1,2D + 1,6H \\ &= 1,2 \cdot 74.42 + 1,6 \cdot 74.42 \\ &= 208.379 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{T_u \times 10^4}{\phi R_{nw}} \\ &= \frac{208.379 \times 10^4}{1395.147} \\ &= 1493.602 \text{ mm} \quad 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 5.6.3 Perhitungan Plat Landasan

#### Perencanaan Plat Landasan

$$\text{Pondasi beton} = 50 \times 30 \text{ cm} ; F = 50 \times 30 = 1500 \text{ cm}^2$$

$$f_{c'} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{plat (Bj 37)}} = 160 \text{ MPa} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 160 \text{ MPa} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{tb angker (Bj 37)}} = 0,3 \times f_{c'} = 7,5 \text{ MPa} = 75 \text{ kg/cm}^2$$

Profil kolom WF 350.250.9.14

Dari data perhitungan dengan SAP2000 diperoleh

$$M = 14884.20 \text{ kgm}$$

$$N = 4839.99 \text{ kg}$$

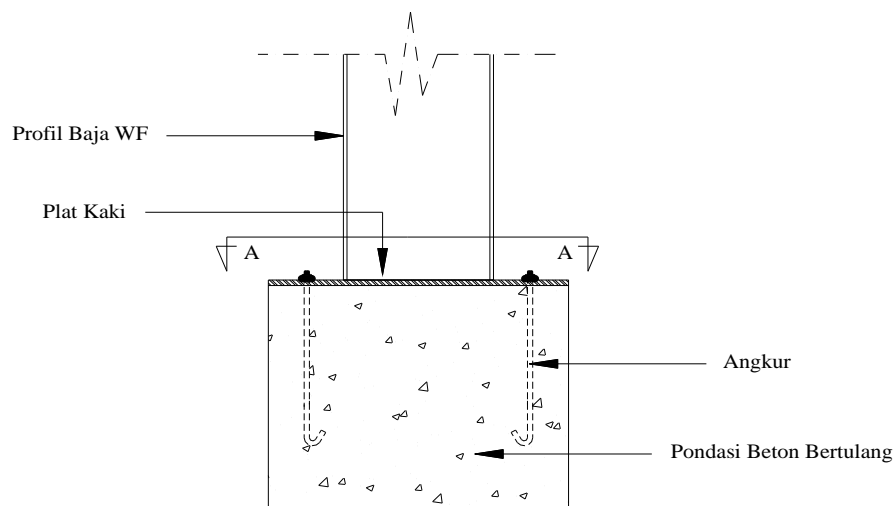
$$D = 3721.060 \text{ kg}$$

Tegangan yang terjadi :

$$= \frac{N}{F}$$

$$= \frac{4839.99}{50 \times 30}$$

$$= 3.227 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 5.18.** Pondasi dengan angkur

Syarat dimensi plat :

$$F = \frac{N}{t_b} = \frac{4839.99}{75} = 64.5332 \text{ cm}^2$$
$$1500 \text{ cm}^2 \quad 64.5332 \text{ cm}^2$$

Dimensi landasan :

$$B = 50 \text{ cm} \quad \text{dan} \quad H = 30 \text{ cm}$$

$$a = \frac{50 - 35.0}{2} = 7.500 \text{ cm}$$

$$b = \frac{30 - 25.0}{2} = 2.500 \text{ cm}$$

Momen pada plat :

$$M_1 = (1/6) \times a \times b^2 \times$$
$$= (1/6) \times 7.50 \times 2.50^2 \times 3.227 = 25.20828 \text{ kg.cm}$$

$$M_2 = (1/6) \times B \times b^2 \times$$
$$= (1/6) \times 50.0 \times 2.50^2 \times 3.227 = 168.0552 \text{ kg.cm}$$

$M_1 < M_2$  jadi yang menentukan adalah  $M_2$

Perencanaan tebal plat :

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{B \cdot \bar{\sigma}_{\text{plat}}}} = \sqrt{\frac{6 \times 168.055}{50 \times 1600}} = 0.112 \text{ cm}$$

Jadi dipakai plat dengan tebal (t) = 1 cm

Perhitungan baut angker :

$$\bar{\sigma}_{\text{baut (tarik)}} = 0.75 \times 1600 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Baut angker diletakkan 1/3 dari ujung kiri

$$T = \frac{1}{2} \times 6 \times 20 \times b = \frac{1}{2} \times 6 \times 20 \times 30 = 1800 \text{ kg}$$

Dipakai 3 angker setiap sisinya, maka satu angkur memikul gaya tarik

$$P = \frac{1}{3} \times 1800 = 600 \text{ kg}$$

$\bar{\sigma}_{\text{tarik}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$  maka luas tampang baut angker :

$$A_{\text{baut}} = \frac{P}{\bar{\sigma}_{\text{tarik}}} = \frac{600}{1200} = 0.500 \text{ cm}^2$$

Dipakai baut 3/4"

$$1.960 \text{ cm}^2 > 0.500 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\text{baut} = 19 \text{ mm}$$

$$\bar{\sigma} = 5 \text{ kg/cm}^2$$

Luas bidang geser angker dengan pondasi beton

$$= 2 \times r_1 = 2 \times \frac{1.9}{2} L$$

$$\bar{\sigma}_{\text{beton}} = \frac{P}{2 \times \frac{1.9}{2} \times L} \longrightarrow 5 = \frac{600}{2 \times \frac{1.9}{2} \times L}$$

$$L = \frac{600}{5 \times 2 \times \frac{1.9}{2}} = 20.114 \text{ cm}$$

Perhitungan sambungan las kolom dengan plat landas

$$M = 1482.500 \text{ kg.m}$$

$$N = 4839.990 \text{ kg}$$

$$D = 3721.060 \text{ kg}$$

$$L \text{ total las} = 112 \text{ cm}$$

$$\text{Direncanakan tebal las } 0,6 \text{ cm, jadi tebal efektif} = 0,4 \times 0,5 \times 2 = 0,283$$

$$\text{Luas las} = 0,283 \times 112 = 31.678 \text{ cm}^2$$

$$x = \frac{26,5}{2} = 13.250 \text{ cm}$$

$$y = \frac{26,5}{2} = 13.250 \text{ cm}$$

Perhitungan inersia las :

$$\begin{aligned} I_x &= \{ 2 \times [(1/12 \times 26,5 \times 0,424^3) + (26,5 \times 0,424)] \} + \{ 4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,5^3) + (0,424 \times 26,5)] \} + \{ 4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 6^3) + (0,424 \times 6)] \} + \{ 2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 23,5^3) + (0,424 \times 23,5)] \} \\ &= 11913.592 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= \{ 2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,5^3) + (26,5 \times 0,424)] \} + \{ 4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,5^3) + (0,424 \times 26,5)] \} + \{ 2 \times [(1/12 \times 26,5 \times 0,424^3) + (0,424 \times 26,5 \times 6^2)] \} + \{ 2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 23,5^3) + (0,424 \times 23,5)] \} \\ &= 18261.997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= I_x + I_y \\ &= 11913.592 + 18261.997 \\ &= 30175.589 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan

Akibat momen

$$\sigma_M = \frac{M \times y}{I_p} = \frac{148250.0 \times 13.250}{30175.589} = 65.096 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat momen

$$\sigma_M = \frac{M \cdot x}{I_p} = \frac{148250.0 \cdot 13.250}{30175.589} = 65.096 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat geser

$$\tau_v = \frac{D}{A} = \frac{D}{2 \cdot b + 4 \cdot d} = \frac{3721.060}{31.678} = 117.464 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \tau_{\text{tot}} &= \sqrt{\tau_v^2 + \tau_v^2} = \sqrt{(65.096 + 117)^2 + 65.10^2} \\ &= 193.818 \text{ kg/cm}^2 < 960 \text{ kg/cm}^2 \text{ ..... (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= 0.6 \times \tau \\ &= 0.6 \times 1600 \\ &= 960 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$t_{c_{\text{perlu}}} = \frac{\tau_{\text{tot}}}{\tau} = \frac{193.818}{960.0} = 0.202 \text{ (dipakai 0,5 cm)}$$

$$\text{Kaki las} = a = \frac{t_c}{0.707} = \frac{0.5}{0.707} = 0.707 \text{ cm}$$

$$a = 0.707 \text{ cm} \quad (1 \text{ cm} - 0.1 \text{ cm} = 0.9 \text{ cm}) \text{ ..... (OK)}$$

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) pada struktur *Gable Frame* di pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Dari hasil analisa perhitungan, untuk metode *Allowable Stress Design* (ASD) perlu menggunakan baja profil WF : 350.250.9.14. Sedangkan untuk metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) hanya perlu menggunakan baja profil WF : 300.200.9.14.

| METODE                        |                   |  |                 |
|-------------------------------|-------------------|--|-----------------|
| Allowable Stress Design (ASD) |                   | Load and Resistance Factor Design (LRFD) |                 |
| Profil                        | WF 350.250.9.14   | Profil                                   | WF 300.200.9.14 |
| Berat                         | 79.700 kg/m       | Berat                                    | 65.400 kg/m     |
| $M$                           | 14884.200 kg.m    | $M_u$                                    | 18373.690 kg.m  |
| $D$                           | 3721.060 kg       | $V_u$                                    | 4593.420 kg     |
| $N$                           | 4839.990 kg       | $N_u$                                    | 5862.750 kg     |
| Lendutan                      | 3.410 cm          | Lendutan                                 | 4.416 cm        |
| Berat per portal              | 3570.654 kg       | Berat per portal                         | 2929.997 kg     |
| Kontrol Tegangan              | 1318.21 < 1600.00 | Kontrol Tegangan                         | 0.816 < 1       |



Untuk satu struktur *Gable Frame* dengan menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) menggunakan baja profil WF 350.250.9.14. dibutuhkan total berat baja sebesar 3570,654 kg untuk setiap strukturnya. Sedangkan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) cukup menggunakan profil WF 300.200.9.14 membutuhkan total berat baja 2929,997 kg untuk setiap strukturnya. Selain itu dengan profil yang berbeda, dari hasil pendimensian masing-masing metode mendapatkan hasil yang sama pada penggunaan kapasitas profilnya. Yaitu dengan prosentase sebesar 80% dari total kapasitasnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode LRFD lebih ekonomis dalam pengaplikasiannya dengan memberikan perbedaan berat sebesar 21,87 %.

## **6.2 Saran**

Dari hasil perbandingan analisis metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) yang dilakukan, penulis memberikan saran agar pemilihan metode analisi menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Profil yang dibutuhkan dari hasil analisa menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) lebih kecil dibandingkan metode *Allowable Stress Design* (ASD) tetapi tetap kuat menahan beban luar yang bekerja. Karena metode ASD menekankan penggunaan tegangan hanya mencapai batas elastis, sedangkan LRFD mencapai batas plastis.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institut Of Steel Construction, Inc, 1994, "*Manual Of Steel Construction, LRFD volume I, Structural Member, Spesification, And Codes*", *Second edition*. Chicago.
- American Institut Of Steel Construction, Inc, 1994, "*Manual Of Steel Construction, LRFD volume II, Connections*", *second edition*. Chicago.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000 "*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002*", Bandung.
- Departemen PU Ditjen Cipta Karya, 1983 "*Peraturan Perancangan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*" Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1984 "*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*" Bandung.
- Indra, Sudirman., 2010 "*Struktur Baja 1, "Sifat dan Perilaku Baja"*", Malang.
- Kleinlogel.,A, 1951 "*Rigid Frame Formulas*", Preface to the 12th edition, Frederick Unggar Publishing, New York.
- Setiawan Agus, 2013 "*Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD*", edisi pertama Erlangga, Jakarta.
- Setiawan Agus, 2013 "*Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD*", edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1992 "*Struktur Baja, Desain dan Prilaku*", edisi ketiga, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1995 "*Struktur Baja 2, Desain dan Prilaku*", edisi kedua, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.
- Steel Design Guide Series, 1990 "*Column Base Plates*", American Institute of Steel Construction, American.